This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06910014 1

ÉLÉMENS
DE PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE,
DE CHIMIE
ET DE MINÉRALOGIE,
SUIVIS
D'UN ABRÉGÉ D'ASTRONOMIE.

DE L'IMPRIMERIE D'HACQUART.

ÉLÉMENS
DE PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE,
DE CHIMIE
ET DE MINÉRALOGIE,
SUIVIS
D'UN ABRÉGÉ D'ASTRONOMIE,

A L'USAGE DES LYCÉES ET AUTRES ÉTABLISSEMENS D'INSTRUCTION PUBLIQUE;

PAR PIERRE JACOTOT,

Proviseur du Lycée, et Professeur d'Astronomie à Dijon, Membre de l'Académie de cette Ville, et de plusieurs autres Sociétés littéraires.

DEUX VOLUMES *in*-8°., ET UN VOLUME *in*-4°. CONTENANT 73 PLANCHES.

SECONDE EDITION,

TOTALEMENT REFONDUE ET AUGMENTÉE DE PLUS D'UN TIERS.

TOME PREMIER.

A PARIS,
CHEZ CRAPART, CAILLE ET RAVIER
Libraires, rue Pavée Saint-André-des-Arcs, n°. 12.

AN XIII.—1804.

ASTOR LIBRARY
NEW-YORK.

AVERTISSEMENT.

Ces Élémens contiennent la Physique expérimentale et la Chimie, qui n'avoient pas encore été réunies dans un Traité particulier.

J'ai cru devoir y ajouter, 1°. un petit Abrégé d'Astronomie, qui est extrait des savans Écrits de M. de Lalande; 2°. un Précis de Minéralogie, qui renferme les Principes et la Nomenclature de Monsieur Haüy.

L'expérience m'a démontré que cet Ouvrage est à la portée des Élèves qui n'ont pas étudié la Géométrie. Ceux qui sont plus avancés, trouveront dans les

Notes un grand nombre de Problêmes intéressans.

Mon travail aura la récompense la plus douce et la plus chère à mon cœur, s'il peut épargner quelques difficultés à mes jeunes Concitoyens, et leur inspirer le desir de cultiver une Science qui nous manifeste les Merveilles de la Nature, et la Puissance infinie de l'Être Suprême.

COURS
DE PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE
ET DE CHIMIE.

INTRODUCTION.

La Physique est une science qui a pour objet les propriétés des corps.

On appelle corps, tout ce qui peut exciter une sensation dans l'ame, en affectant les organes de nos sens, qui sont au nombre de cinq, savoir : le toucher, la vue, l'ouie, le goût et l'odorat.

Un sens est la faculté de recevoir une espèce de sensations particulières ; l'organe est la partie de notre corps qui nous les procure. Ainsi, l'œil est l'organe de la vue, parce que nous lui devons les idées de lumière et de couleur.

Tous les corps sont, ou solides, ou fluides.

On donne le nom de solides à ceux dont les parties ne peuvent être séparées sans effort.

Les fluides sont des corps dont les molécules

n'ont presque point d'adhérence ; ils ont la forme d'un liquide ou d'un gaz.

Une liqueur est un fluide qu'il est très-difficile de comprimer, ou de réduire à un moindre volume. Un gaz, ou fluide élastique, est celui qu'il est facile de comprimer, et qui tend à se rétablir dans son premier état. L'air est un gaz, tandis que le vin et l'eau sont des liquides.

Les propriétés d'un corps sont les diverses manières dont il agit sur nous et sur les autres corps. Les moyens que la Physique met en usage pour les découvrir, sont : 1°. l'observation qui se borne à l'examen des phénomènes ; 2°. l'expérience qui force la nature d'opérer sous nos yeux, et de nous dévoiler ses merveilles.

Il y a des propriétés communes à tous les corps, et d'autres qui n'appartiennent qu'à certains d'entr'eux ; c'est pourquoi la Physique est générale ou particulière. Le calcul et la géométrie sont nécessaires pour étudier la première avec succès ; mais la seconde ne présente que de légères difficultés à vaincre ; j'essayerai de la traiter avec la précision et la clarté dont elle est susceptible, après avoir exposé quelques principes généraux qui nous seront utiles.

ÉTENDUE.

1. L'ÉTENDUE est une réunion de parties. On l'appelle *espace*, lorsqu'elle est pénétrable, ou qu'elle n'oppose aucune résistance. Elle reçoit le nom de *matière*, quand elle est impénétrable, ou qu'elle résiste aux efforts de celui qui cherche à la déplacer.

Tous les corps sont étendus, et ceux qui échappent à nos yeux, armés du meilleur microscope, ont aussi trois dimensions, longueur, largeur et épaisseur.

La masse d'un corps est la somme de ses parties; son volume est l'espace qu'il occupe; sa densité est le nombre des parties contenues dans l'unité de volume qui est ordinairement le pied ou le pouce cube, le mètre ou le décimètre cube.

On dit que les corps se dilatent ou se raréfient, toutes les fois que leur densité diminue, ou que leurs parties s'écartent les unes des autres : ils se condensent lorsqu'elles se rapprochent, et qu'il s'en trouve un plus grand nombre sous le même volume. (498).

DIVISIBILITÉ.

2. Les corps sont divisibles, c'est-à-dire, qu'on peut séparer les parties dont ils sont composés. Nous ignorons s'ils renferment des *atomes* ou des molécules insécables. Mais il est certain :

1°. Que la division de la matière par la pensée n'a point de bornes, puisque le plus petit corps a toujours deux moitiés, trois tiers, etc.;

2°. Que la division réelle a des limites, parce que nous manquons des moyens nécessaires pour la continuer, quand les molécules se dérobent à nos sens;

n'ont presque point d'adhérence ; ils
d'un liquide ou d'un gaz.

Une liqueur est un fluide qu'il est
de comprimer, ou de réduire à un moi
Un gaz, ou fluide élastique, est celu
cile de comprimer, et qui tend à se
son premier état. L'air est un gaz, t
vin et l'eau sont des liquides.

Les propriétés d'un corps sont les
nières dont il agit sur nous et sur les a
Les moyens que la Physique met en
les découvrir, sont : 1°. l'observation
à l'examen des phénomènes ; 2°. l'ex
force la nature d'opérer sous nos yeux
dévoiler ses merveilles.

Il y a des propriétés communes à to
et d'autres qui n'appartiennent qu'à ce
tr'eux ; c'est pourquoi la Physique est
particulière. Le calcul et la géométrie
saires pour étudier la première avec s
la seconde ne présente que de légères
vaincre ; j'essayerai de la traiter avec
et la clarté dont elle est susceptible,
exposé quelques principes généraux
ront utiles.

plusieurs années sans rien perdre de son poids, quoiqu'il remplisse tout cet espace de corpuscules odorans, qui se renouvellent avec l'air intérieur de l'appartement.

Quatrième Expérience.

On expose à l'ombre un vase tenant de l'eau, des fleurs ou des feuilles. Quelques jours après, on regarde une goutte de cette liqueur au microscope, et l'on y remarque une foule de petits animaux, dont la figure et les mouvemens ont une variété singulière : imaginez, s'il est possible, quelle doit être la petitesse des yeux qui les dirigent, de la bouche qui broie leurs alimens, de l'estomac qui les digère, et des vaisseaux destinés à la circulation des humeurs.

POROSITÉ.

3. Tous les corps sont poreux ou criblés de petits intervalles qui séparent les parties dont ils sont composés, et qui varient par le nombre, la grandeur et la figure.

Première Expérience. (Fig. 1.)

On établit sur la machine pneumatique (*c*) un tube de verre *AB* terminé par un vase dont le fond *CD* est de peau animale, et qui est rempli de mercure.

Au premier coup de piston, le poids de l'air extérieur force le métal de passer à travers le fond du vase, et de se précipiter sous la forme d'une pluie d'argent.

C'est par les pores de notre peau que se fait la transpiration, qui est plus ou moins abondante suivant la température de l'air que nous respirons, ou la violence de nos exercices.

(*c*) C'est une espèce de pompe qui sert à supprimer l'air contenu dans un vase (61).

Deuxième Expérience.

4. On établit sur la machine pneumatique un verre plein d'eau, qui renferme un œuf. Ensuite, on le couvre d'un récipient, et, lorsqu'on fait le vide, on voit des bulles d'air qui s'échappent au travers de la coque.

C'est par les petites ouvertures de cette enveloppe que la partie laiteuse des œufs se dissipe : ils cessent alors d'être frais, et ne fournissent plus qu'un aliment très-équivoque. Réaumur nous indique un moyen de les conserver dans leur état naturel, en appliquant sur la coque un peu d'huile d'olive ou de cire fondue.

Troisième Expérience. (Fig. 1.)

5. Si vous répétez la première expérience, avec un vase de chêne mastiqué sur le cylindre AB, le mercure traversera la base du vaisseau quoiqu'elle ait trois ou quatre lignes d'épaisseur.

Il n'y a point de bois qui ne soit poreux : c'est pourquoi nous voyons les plus durs absorber l'humidité de l'air environnant, ou lui céder une portion de celle qui leur est propre. Ces alternatives augmentent ou diminuent leur volume, et les portes qui sont trop larges en hiver, se trouvent souvent trop étroites durant les chaleurs de l'été.

On peut éviter ces inconvéniens par le moyen des vernis, ou de la peinture à l'huile que l'eau ne pénètre pas.

Quatrième Expérience.

6. Les métaux les plus compactes sont aussi poreux. Quand on renferme de l'eau dans une boule d'or, et qu'on la soumet à une pression considérable, on voit ce liquide suinter à travers le métal.

Le verre et les autres corps transparens sont perméables à la lumière, à cause des petits intervalles qui séparent leurs parties.

On a profité de la porosité du marbre pour y dessiner des fleurs et des ornemens. Les couleurs préparées avec de l'huile ou de l'esprit-de-vin (*d*) s'insinuent dans la pierre, et résistent au poli qu'on lui donne ensuite.

IMPÉNÉTRABILITÉ.

7. C'est la propriété qu'ont les corps d'exclure tous les autres du lieu qu'ils occupent; elle est un caractère distinctif de la matière, et convient même à l'air dont la résistance est souvent insensible.

Première Expérience.

Quand on presse le piston d'une seringue dont l'orifice est fermé, l'air intérieur se resserre dans un plus petit espace; mais il est impossible de vaincre entièrement sa résistance, et de pousser le piston jusqu'au fond du corps de pompe.

Deuxième Expérience. (Fig. 2.)

8. Versez de l'eau dans un entonnoir qui remplit exactement le cou d'un flacon; l'air enfermé dans le vase, arrêtera l'écoulement du liquide, et vous serez obligé de soulever l'entonnoir, afin que ce gaz ait une issue pour s'échapper.

Troisième Expérience. (Fig. 3.)

9. Si vous plongez dans l'eau un récipient qui couvre une bougie allumée, l'air intérieur empêchera la liqueur de monter sous la cloche, et la bougie descendra vers le fond du vase *DC*.

Cette expérience a produit la cloche du plongeur. Lorsqu'on vouloit chercher des perles, ou quelques autres matières pré-

---

(*d*) L'esprit-de-vin, ou l'alcool, est une liqueur odorante et volatile qu'on retire de l'eau-de-vie, qui est composée d'esprit-de-vin et d'eau.

cieuses, au fond de la mer ; on employoit deux barques fortement liées ensemble, mais assez écartées pour livrer passage à une grosse cloche de métal, qu'on descendoit par le moyen d'une grue. Un homme assis dans l'intérieur de cette cloche en sortoit pour faire des perquisitions sur le sable ; il venoit de temps à autre respirer sous l'appareil, et déposer le fruit de ses recherches dans un vaisseau propre à les recevoir ; enfin, il tiroit une clochette pour avertir que ses opérations étoient finies, ou qu'il avoit besoin de repos.

On abandonna cette machine vers la fin du siècle dernier, parce que l'air enfermé sous la cloche est souvent trop condensé par le poids de l'eau, pour servir à la respiration du plongeur, qui jette quelquefois le sang par la bouche et les oreilles.

10. Une éponge et du bois tendre sont impénétrables, quoiqu'ils s'imbibent d'une grande quantité d'eau. Ce liquide est logé dans les vides qui se trouvent entre leurs molécules. Il ne peut s'emparer du lieu qu'elles occupent, avant de les en avoir chassées.

MOBILITÉ.

11. Tous les corps sont mobiles ; c'est-à-dire, qu'on peut leur imprimer du mouvement avec une force suffisante.

Un corps se meut quand il change de place. Sa vîtesse est l'espace qu'il décrit pendant l'unité de temps qui est ordinairement une seconde. Sa quantité de mouvement n'est autre chose que sa masse multipliée par sa vîtesse.

Le mouvement d'un corps est uniforme quand sa vîtesse est toujours la même ; il est varié lorsqu'elle augmente ou diminue.

L'expérience nous apprend que le choc d'un corps dépend de sa masse et de sa vîtesse. C'est pourquoi l'on évalue sa force en multipliant ces deux quantités. S'il pèse 3 hectogrammes et qu'il parcoure 2 mètres par seconde, vous direz que sa force est exprimée par six. Elle seroit deux fois plus grande, ou re-

présentée par 12, si le poids du corps étoit de 6 hectogrammes, ou que sa vitesse fût de 4 mètres.

On appelle *forces* ou *puissances* tout ce qui meut ou tend à mouvoir un corps. Nous jugeons de leur énergie par la quantité de mouvement qu'elles impriment au mobile soumis à leur action.

La théorie du mouvement conduit 1°. à la mécanique qui s'occupe de l'équilibre et du mouvement des corps solides et fluides;

2°. A l'optique, qui a pour objet les mouvemens et les effets de la lumière;

3°. A l'astronomie, qui traite des mouvemens apparens et réels des corps célestes.

ATTRACTION.

12. L'attraction est la force qui tend à réunir les parties de la matière. Elle n'est connue que par les différens effets qu'elle produit. On la nomme attraction physique, affinité ou attraction chimique, adhésion et gravité.

Attraction Physique.

13. L'attraction physique est celle qui s'exerce entre les masses des corps, et à de grandes distances. C'est elle qui retient les planètes et les comètes dans les orbites qu'elles décrivent autour du soleil. Elle est en raison directe de la masse du corps attirant, et la lune seroit trois fois plus attirée par le globe terrestre, s'il contenoit trois fois plus de matière. Elle suit aussi la raison inverse du quarré de la distance, c'est-à-dire, qu'elle décroît à mesure qu'il augmente. La terre seroit seize fois moins attirée par l'astre du jour, si nous en étions quatre fois plus éloignés, parce que le quarré de quatre est seize (*e*).

(*e*) Le quarré d'un nombre, est ce nombre multiplié par lui-même.

L'attraction qui règne entre les corps célestes fut soupçonnée par Képler, qui regardoit le soleil comme un vigoureux aimant. C'étoit une heureuse idée qu'il falloit développer, et la gloire en étoit réservée au célèbre Newton; il a déterminé les mouvemens des planètes, en supposant que le soleil les attire avec une force proportionnelle à sa masse, et qui diminue comme le quarré de sa distance augmente. Le résultat de ses calculs est parfaitement conforme à l'observation, et prouve qu'il a deviné le secret de la nature.

Affinité.

14. L'affinité, ou l'attraction chimique, est celle qu'on observe entre les molécules des corps, et à des distances insensibles.

On distingue surtout l'affinité d'agrégation et celle de combinaison.

La première est l'attraction que l'on remarque entre les parties de même espèce, comme deux globules de mercure. Tout le monde sait que des gouttes d'eau forment une seule masse, quand elles sont en contact. Elles prennent une figure arrondie sur les feuilles d'un végétal, parce que l'attraction de leurs molécules est plus forte que celle de la surface qui les reçoit. Nous les voyons, au contraire, plus ou moins applaties sur une lame de verre ou sur du marbre, parce qu'elles obéissent à l'attraction du corps qui les soutient.

L'affinité de combinaison est l'attraction qui s'exerce entre des molécules de différente espèce; elle varie suivant la nature des substances : l'eau ne se mêle point avec l'huile, tandis qu'elle se combine avec le sucre et les sels.

Il y a dissolution quand un liquide ou bien un gaz communique son état à un autre corps. L'eau dissout le sucre en le faisant passer à l'état de liqueur, et l'air dissout l'eau, qui devient alors un fluide élastique.

qu[illegible]eux corps sont combinés lorsqu'il en résulte un troisième est [illegible]

qui a des propriétés nouvelles. Ainsi, l'huile qui graisse les étoffes, et la potasse (*f*) qui ronge le tissu de la peau, nous donnent le savon, qui ne produit aucun de ces effets.

Adhésion.

15. C'est l'attraction des corps mis en contact. On l'observe entre deux lames de verre légèrement humectées, ou deux plaques de marbre bien polies et frottées d'huile : ce liquide remplit une partie des vides, et fait que les corps se touchent par un plus grand nombre de points. Une couche trop épaisse nuiroit au succès de l'expérience, parce qu'elle écarteroit les deux surfaces, et diminueroit leur attraction réciproque.

Gravité.

16. La gravité est la force qui précipite les corps vers le centre de la terre ; elle agit même sur les vapeurs et la fumée qui s'élèvent dans l'atmosphère.

Expérience.

Quand on établit une chandelle allumée sous le récipient de la machine pneumatique, elle s'éteint après deux ou trois coups de piston, et l'on voit tomber la fumée, parce que l'air n'est plus assez dense pour la soutenir.

17. La pesanteur spécifique d'un corps est le poids de l'unité de volume, qui est ordinairement le pied ou le pouce cube, le mètre ou le décimètre cube.

Le poids d'un corps est égal à sa pesanteur spécifique multipliée par son volume : s'il est de trois décimètres cubes, et que chacun d'eux pèse dix hectogrammes, il est évident que le poids total sera de trente hectogrammes.

(*f*) La potasse est un sel qu'on retire des cendres.

18. Tous les corps tomberoient, dans un espace vide, avec la même vitesse.

Expérience. (Fig. 4.)

AB est un long tube de verre dans lequel on renferme une carte et une lame de plomb, qui ont le même volume. Si vous le renversez pendant qu'il est plein d'air, le métal frappera le fond du tube avant que la carte ait parcouru les trois quarts de sa longueur. Mais vous ne remarquerez aucune différence dans le temps de la chute de ces deux corps, lorsque cet appareil sera bien purgé d'air.

Si l'un des corps est composé de 100 parties, et l'autre de 20, l'action de la gravité sur le premier sera cinq fois plus grande; mais l'obstacle à surmonter, ou la masse à mouvoir, est aussi quintuple : ces deux corps seront donc animés de la même vitesse.

19. La chute accélérée des corps excita l'attention de Galilée, né à Pise, en 1564. Il observa qu'ils tombent de 15 pieds (49 décimètres) dans la première seconde; de 45 ou 3 fois 15 pendant la deuxième; de 75 ou 5 fois 15 durant la troisième, etc.; de manière que les espaces parcourus suivent la progression des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, etc.

L'instrument imaginé par le docteur Athoowd, nous fournit un moyen de confirmer cette vérité.

Expérience. (Fig. 335.)

Une poulie fixe *A* est enveloppée d'un cordon qui porte deux poids égaux *B* et *C*. Elle est suspendue à une tige de métal *IK*, près de laquelle on établit un pendule qui mesure des instans égaux.

Après avoir placé la partie inférieure du corps *B* à la hauteur de *O*, chargez-le du poids *G*, afin de rompre l'équilibre. Vous observerez que sa base répond au point 1 à la fin du premier ins-

tant ; au point 4 à la fin du second ; au point 9 à la fin du troisième, et ainsi de suite.

20. La droite que les corps décrivent en s'approchant du centre de la terre (Fig. 5), se nomme verticale ; ainsi la droite *ABG* est la verticale du point *B*, tandis que *CFG* est celle du point *F*.

Une ligne *IAL* qui est perpendiculaire sur la verticale, ou qui ne penche d'aucun côté, s'appelle horizontale : elle est parallèle à l'horizon, c'est-à-dire, à une portion de la surface du globe, qui est plane quand elle a peu d'étendue comme *MN*, et qui est ronde ou convexe lorsqu'elle est plus grande.

PRESSION DES FLUIDES. (Fig. 6.)

21. Les fluides obéissent à la gravité, comme les autres corps ; mais les parties d'un solide frappent toutes ensemble, et celles d'un fluide pressent indépendamment les unes des autres, parce qu'elles n'ont point d'adhérence.

Il est permis de supposer que la masse d'eau contenue dans un vase *ABCD*, se divise en plusieurs colonnes verticales, telles que *EF*, *GH* et *IK*. Si le fond *BC* vient à s'ouvrir en *H*, la colonne *GH* qui n'adhère pas aux deux autres, se précipitera par cet orifice, et vous n'aurez que son poids à soutenir pour arrêter l'écoulement du liquide.

Pression latérale.

22. Les fluides exercent leur pression non seulement de haut en bas, mais encore de côté, et de bas en haut.

Expérience. (Fig. 7.)

Lorsqu'on verse de l'eau dans une bouteille qui porte un orifice latéral *C*, le poids des parties supérieures force le fluide à s'élancer hors du vase.

C'est par la même raison qu'un tonneau plein d'une liqueur se vide, quand on le perce sur le côté.

On peut regarder l'eau renfermée dans un vase *ABCD* (Fig. 8) comme un amas de petits globules qui forment des colonnes horizontales et verticales.

La colonne *EG* qui agit entre deux autres *GB* et *GC*, tend à les écarter de manière que le fluide s'écoulera par une ouverture latérale, pratiquée vers *B*, si vous n'opposez une force égale au poids de *EG*.

La pression latérale dépend de la hauteur du liquide au-dessus de l'orifice, et la colonne horizontale *FH* (Fig. 336) ne seroit chargée que du poids de *OF*. C'est pourquoi les murs destinés à retenir les eaux, ont une espèce de pente qu'on appelle talus; ils sont plus épais vers la partie inférieure, afin de résister à la poussée latérale qui augmente avec la hauteur du fluide.

Pression de bas en haut. (Fig. 9.)

23. On la démontre en versant de l'eau dans un vase, après avoir placé vers le centre un tube *AB* qui est ouvert à ses deux extrémités : ce liquide pénètre sous les bords du cylindre, et s'élève à la même hauteur que dans le vaisseau *CD*.

La pression de bas en haut n'est qu'un effet de la pesanteur. Il est aisé de voir (Fig. 8) que la colonne horizontale *GI*, pressée par *EG*, soulève *IM* avec une force égale au poids de *EG*; que l'équilibre ne peut exister que dans le cas où les deux colonnes *EG* et *MI* auront la même hauteur.

ÉQUILIBRE DES LIQUEURS HOMOGÈNES.

24. L'équilibre est l'état d'un corps sollicité par des forces qui se détruisent.

Une liqueur homogène est celle dont les parties ont la même densité, ou la même pesanteur spécifique.

Ces liquides sont en équilibre, toutes les fois que les différens

points de leur surface sont également éloignés du centre de la terre.

En effet, l'eau versée dans un vase quelconque s'agite jusqu'à ce qu'elle soit de niveau, c'est-à-dire, parallèle à l'horizon, ou bien à la surface de la terre qui est plane quand elle a peu d'étendue (20).

C'est pour conserver une égale distance au centre du globe, que la surface de l'eau devient convexe lorsqu'elle occupe un grand espace : on aperçoit les mâts d'un vaisseau qui aborde vers le rivage, avant qu'on puisse voir le corps du bâtiment. L'œil en *A* (Fig. 10) reçoit le rayon de lumière *AB* qui vient du point *B*, tandis que la convexité des eaux arrête le rayon *CDA* qui se meut en ligne droite comme le premier.

TUBES COMMUNIQUANS.

25. Cette loi générale de l'équilibre des liqueurs homogènes s'observe aussi dans les vases qui communiquent entr'eux, malgré la différence de leurs figures ou de leurs capacités.

Expérience. (Fig. 11.)

L'appareil est composé 1°. d'un grand vaisseau de cristal *AB*; 2°. d'un tube horizontal *CD* qui porte un robinet *E*; 3°. d'un tube vertical *GF* qui peut être incliné comme *KL*, ou tortueux comme *IH*.

L'eau qu'on verse dans le réservoir *AB* s'élève dans le tube, à la même hauteur perpendiculaire, et les deux surfaces ne forment qu'un plan horizontal *GM*.

La raison de ce phénomène se présente naturellement à l'esprit. Vous savez (21) que les parties d'un liquide agissent indépendamment les unes des autres. Ainsi la colonne *GF*, qui est dans le tube, n'est soutenue que par le poids de la colonne *PR*. Or, elles ont une base commune, qui est l'ouverture du robinet. Il faut donc qu'elles aient même hauteur pour se faire équilibre.

CONDUITE DES EAUX.

26. Il est facile de conduire l'eau sur un lieu très-élevé, pourvu que la source le soit davantage. Les fontaines qui arrosent le sommet des montagnes y arrivent par des canaux souterrains. Ces tubes communiquans ont été creusés par la nature, et lorsqu'on veut les imiter, il faut user de quelques précautions nécessaires au succès de l'entreprise.

1°. Le réservoir est un peu plus bas que la source, afin que l'eau puisse y parvenir; 2°. les tuyaux sont un peu gros pour diminuer les frottemens; 3°. ceux qui se trouvent dans une position horizontale, ont une légère inclinaison pour favoriser l'écoulement du liquide; 4°. les canaux qui suivent les inégalités du terrain sont armés de robinets distribués par intervalles, afin qu'on puisse évacuer l'air qui obstrue les courbures supérieures.

Niveau d'eau. (Fig. 12.)

27. Cet instrument est composé d'un support et d'un tuyau de métal *AB*, qui se meut en tous sens. Les deux extrémités portent des tubes de verre *AC* et *BD*. Quand on y verse de l'eau colorée, la surface du liquide se trouve dans chacun d'eux sur un même plan horizontal *EF* (25).

GH est une feuille de fer blanc connue sous le nom de *mire*. La droite *IK* la divise en deux parties, dont l'une est blanche et l'autre noire.

Celui qui veut niveler deux points *R* et *P* se place en *O*, de manière que les distances *OR* et *OP* soient à peu près égales. Il dirige le tube *AB* sur *OP*, tandis qu'une autre personne établit en *P* la règle verticale *MN*.

On fait glisser la mire *GH*, jusqu'à ce que le prolongement de *EF* rencontre la droite *IK*. Ensuite, on répète cette opération au point *R*. Si la hauteur de la mire est la même, on en conclut

que les deux points *R* et *P* sont également éloignés du plan horizontal *EF*. Ils sont alors de niveau, ou sur un plan horizontal parallèle à celui que trace *EF*, pendant que le tube *AB* tourne sur son pivot.

Lorsque la hauteur de la mire est de 8 décimètres en *R*, et de 5 en *P*, il s'ensuit que le point *R* est plus éloigné du plan décrit par *EF*. La différence de niveau est de 3 décimètres. Il faudroit élever le point *R* de cette quantité, pour qu'ils fussent l'un et l'autre sur un même plan horizontal (501).

TUYAUX CAPILLAIRES.

28. Nous avons observé qu'un liquide s'élève à la même hauteur, dans les vases qui communiquent entr'eux (25); mais les tubes capillaires, ou qui ont un petit diamètre, nous présentent une exception à cette loi générale.

1°. Si vous plongez un tube capillaire dans un vase rempli d'eau colorée, vous la verrez monter dans ce tube, plus haut que dans le réservoir.

L'expérience réussit également avec deux lames de verre écartées par l'interposition d'un fil.

On peut aussi faire usage de l'appareil *ABC* (Fig. 29), composé d'un tube assez large, et d'un autre qui n'a qu'une ou deux lignes de diamètre. L'eau qu'on verse dans le premier, s'élève au-dessus du niveau, de la quantité *GE*, par exemple.

2°. Un liquide ne monte pas au-dessus du niveau, dans un tube dont la surface intérieure est frottée de matières grasses.

3°. L'ascension d'une liqueur dans les tubes capillaires, est en raison inverse de leur diamètre, c'est-à-dire, qu'elle est deux fois plus grande lorsqu'il est deux fois moindre.

4°. La hauteur des liquides au-dessus du niveau, n'est pas en raison inverse de leur pesanteur spécifique; et l'eau qui est plus dense que l'esprit-de-vin, s'élève plus haut que cette liqueur.

5°. Quand on tire des tubes capillaires hors de l'eau, sans les agiter, une partie du liquide égale à celle qui se trouvoit au-dessus du niveau, reste suspendue vers l'extrémité inférieure de chacun d'eux.

6°. Si vous laissez couler une goutte d'eau sur la surface extérieure d'un tube capillaire, elle s'élancera dans l'intérieur, dès qu'elle sera parvenue vers l'orifice.

7°. L'eau s'élève dans un tube, comme s'il avoit partout un diamètre égal à celui de la partie où elle s'arrête.

Expérience. (Fig. 30.)

BCF est un appareil composé des tubes capillaires *BC* et *CF*; le premier peut élever l'eau d'une quantité *PL*, et le second ne la fait monter que de *O* en *D*.

Quand on plonge le dernier dans un vase plein d'eau *GHIK*, la hauteur du liquide au-dessus du niveau est *OD*; mais si l'on verse de l'eau jusqu'en *M*, la colonne entière *PM* demeure suspendue, comme si le tube avoit, dans toute sa longueur, un diamètre égal à celui de *BC*.

On emploie cette expérience pour démontrer que l'attraction de l'anneau qui environne l'extrémité supérieure de la colonne, est la principale cause de la suspension du liquide.

8°. Le mercure s'abaisse, dans les tubes capillaires, d'une quantité qui est en raison inverse de leurs diamètres; cependant quelques expériences faites à Metz, par le citoyen Casbois, prouvent que le mercure s'élève, comme les autres liquides, toutes les fois que ce métal et le tube sont parfaitement desséchés.

Les citoyens Laplace et Lavoisier ont construit des baromètres où la colonne de mercure se terminoit par une surface plane, et même concave.

Explication des Phénomènes.

29. On attribue les effets des tubes capillaires à l'attraction

chimique, parce qu'un liquide ne s'élève au-dessus du niveau, que dans les tubes qu'il peut mouiller, ou qui ont de l'affinité pour ses molécules.

Quand on plonge une lame de verre *AB* (Fig. 31) dans un vase plein d'eau, ce liquide s'élève de chaque côté, et forme deux surfaces courbes, *EF* et *CD*, qui sont concaves. Ces petites masses d'eau tirent *AB* de haut en bas, et leur poids est soutenu par l'attraction des parties du verre qui touchent les molécules supérieures du liquide, ou qui sont immédiatement au-dessus.

Lorsqu'il y a deux lames de verre, *AB*, *EF* (Fig. 32), suffisamment écartées, la surface de l'eau nous paroît horizontale, parce que le plan *GH* est bien plus étendu que les surfaces courbes *DH* et *CG*; mais si l'intervalle qui sépare les deux lames est très-petit, les parties *DH* et *CG* (Fig. 337) se croisent, de manière que nous voyons la surface *O* du liquide au-dessus du niveau *PR*.

L'esprit-de-vin, plus léger que l'eau, s'élève moins que ce dernier liquide, parce que le verre a moins d'affinité pour les molécules du premier.

L'eau ne monte plus au-dessus du niveau, quand les deux lames sont couvertes de matières grasses qui n'ont point d'affinité pour cette liqueur.

Le mercure se tient au-dessous du niveau, parce que l'affinité du verre pour le mercure, est moindre que celle qui règne entre les molécules de ce métal.

Quand on plonge une lame de verre *AB* (Fig. 33) dans un bain de mercure, ce liquide s'en éloigne, et forme deux surfaces convexes *C* et *D*. Le poids de la petite masse déprimée augmente avec la cohésion des molécules du liquide, et produit une force qui soulève *AB* de bas en haut.

S'il y a deux lames *AB* et *EF* (Fig. 34) qui soient assez écartées l'une de l'autre, nous aurons une surface horizontale *GH*, et deux autres convexes *GC* et *DH*; mais quand les deux lames se rapprochent (Fig. 338), les parties *DH* et *GC* se croisent,

de manière que la surface *O* du liquide se trouve au-dessous du niveau *GH*.

Les expériences du citoyen Casbois prouvent que la dépression du mercure vient de l'humidité qui s'attache à la surface du verre, et qui diminue son affinité pour le mercure.

30. Quelle que soit la cause des phénomènes que nous observons dans les tubes capillaires, ils paroissent avoir beaucoup de part aux différentes opérations de la nature. Une bûche, dont l'extrémité plonge dans l'eau, se trouve humide vers sa partie supérieure, parce qu'elle est composée de fibres qui forment des tubes où le fluide s'élève au-dessus du niveau. C'est par la même raison qu'une mèche de coton attire l'huile d'une lampe; que l'eau monte à la cime d'un amas de sable dont elle n'arrose que la base; et que les sucs nourriciers d'une plante y circulent depuis la racine jusqu'aux branches.

PRESSION DES LIQUIDES SUR LE FOND D'UN VASE.

31. La pression qu'un liquide exerce sur le fond d'un vase, ne dépend que de sa hauteur perpendiculaire, et de la base du vaisseau qui le renferme.

Pascal a mis cette vérité dans tout son jour par le moyen d'un appareil semblable à celui que nous allons décrire (Fig. 13).

Sur les côtés d'une caisse *APBR* s'élèvent deux montans *CD*, *EF* qui portent des leviers *OH* et *IK*. Une tige de métal *ML*, soutenue par des cordons fixés en *H* et *I*, repond à un piston *S* bien frotté d'huile. Il se meut dans un cylindre de cuivre *GN* qui reçoit à vis trois vaisseaux ouverts aux deux extrémités, et dont les capacités sont très-différentes.

Le premier a, dans toute sa longueur, le même diamètre que le piston qui lui sert de base, lorsqu'il est monté sur le cylindre *GN* (Fig. 14).

Le second (Fig. 15), qui est beaucoup plus grand, a la figure d'un entonnoir fort évasé par le haut.

Le troisième (Fig. 16), n'est autre chose qu'un tube *AIGD* fort étroit, mais élargi vers sa base, qui est égale à celle des autres.

Expérience.

Après avoir établi successivement les trois vases sur le cylindre *GN*, on les remplit d'eau jusqu'à la même hauteur ; ensuite on suspend aux leviers *OH* et *IK* des poids capables de soulever la masse du liquide, et l'on observe que ces poids sont les mêmes dans les trois circonstances, quoique la quantité d'eau soit très-différente (505).

32. Cette expérience nous apprend qu'il faut distinguer le poids et la pression d'un liquide. Si j'étois chargé du grand vase (Fig. 15) lorsqu'il est plein d'eau, j'aurois à soutenir 1°. le poids du vaisseau, 2°. celui du fluide entier. Mais si je voulois pousser en haut le piston *BC* qui lui sert de base, je n'aurois à surmonter que le poids du cylindre d'eau *EBCF*, qui n'adhère point aux parties voisines *DCF* et *ABE*.

En supposant que le piston ait un décimètre quarré de surface, et que la hauteur de l'eau soit de 3 décimètres, nous aurons une colonne de 3 décimètres cubes ; mais un décimètre cube d'eau pèse un kilogramme ; la pression qu'éprouve le piston sera donc égale au poids de 3 kilogrammes.

33. Puisque la petite masse d'eau renfermée dans le troisième vase (Fig. 16) produit le même effet que celle qui est contenue dans le second (Fig. 15), il n'est pas étonnant que l'on fasse crever un tonneau déjà plein, sous la pression d'une petite quantité d'eau (Fig. 17).

Après l'avoir placé dans une position verticale, on perce le fond supérieur d'une ouverture à laquelle on adapte un tube *AB* qui a 10 ou 12 mètres de longueur (environ 30 ou 36 pieds). Trois ou quatre bouteilles d'eau suffisent pour le remplir ; mais il en résulte une pression égale au poids d'une colonne d'eau qui auroit 12 mètres de hauteur et le fond du tonneau pour base.

PRESSION DES LIQUIDES HÉTÉROGÈNES.

Une liqueur hétérogène est celle dont les parties n'ont pas la même densité, ou la même pesanteur spécifique.

34. Quand plusieurs liquides sont mêlés dans un vase, les plus denses occupent la partie inférieure.

Expérience. (Fig. 18.)

On agite une fiole qui tient du mercure, de la potasse, de l'esprit-de-vin et de l'huile. Ces liqueurs ne présentent alors qu'une masse opaque; mais, après quelques instans de repos, chacune d'elles reprend la place qui convient à sa densité. Le mercure est au premier rang vers le bas, la potasse au second, l'esprit-de-vin au troisième et l'huile au dernier.

On pourroit encore citer l'exemple de la fumée qui s'élève dans l'air, parce qu'elle est plus légère que ce fluide élastique.

LE PASSEVIN.

35. La différence de pesanteur spécifique n'est pas suffisante pour séparer deux liqueurs hétérogènes, quand leur densité est presque la même, ou lorsqu'elles ont de l'affinité pour se combiner entr'elles, comme le vin et l'eau. Cependant, on peut quelquefois empêcher leur mélange en diminuant le nombre des points de contact, par le moyen d'un instrument auquel on a donné le nom de *Passevin* (Fig. 19).

Il est composé d'un réservoir *F* surmonté d'un canal fort étroit qui porte une espèce de coupe. Après l'avoir rempli de vin jusqu'au milieu du tube *H*, on y verse de l'eau qui descend au fond du vase, et force le vin à lui céder la place.

On rend l'expérience plus amusante en cachant le réservoir *F* dans une boîte; les spectateurs ne voient alors que l'eau, qui se convertit en vin.

NIVEAU D'AIR. (Fig. 20.)

36. Cet instrument nous présente un tube de verre qui renferme un peu d'air, avec de la potasse en liqueur ou de l'esprit-de-vin. La bulle d'air vient se placer au milieu *CD*, quand l'appareil se trouve sur un plan qui est bien horizontal; mais elle monte vers l'extrémité qui s'élève, parce que l'air, plus léger que l'esprit-de-vin, doit alors occuper la partie supérieure du tube (34).

ÉQUILIBRE DES LIQUEURS HÉTÉROGÈNES.

37. Deux liquides hétérogènes qui agissent l'un sur l'autre par le moyen des tubes communiquans, sont en équilibre toutes les fois que leurs densités ou leurs pesanteurs spécifiques sont en raison inverse des hauteurs perpendiculaires (*g*).

Expérience. (Fig. 21.)

On introduit un peu de mercure dans un syphon *ABC*, de manière que la surface du liquide soit terminée par la droite horizontale *EF*. Ensuite, on verse de l'eau dans le grand tube jusqu'à la quatorzième division, et le mercure ne s'élève que d'une seule dans l'autre branche, c'est-à-dire, que sa hauteur est quatorze fois moindre que celle de l'eau; mais il pèse environ quatorze fois davantage. Sa hauteur est donc en raison inverse de sa pesanteur spécifique ou de sa densité (506).

SOLIDES PLONGÉS DANS LES FLUIDES.

38. Quand la pesanteur spécifique du solide est plus grande que celle du fluide (17), il se précipite en perdant de son poids autant que pèse un volume du fluide égal au sien.

(*g*) Deux quantités sont en raison inverse, quand l'une d'elles augmente à mesure que l'autre diminue.

Expérience. (Fig. 23.)

Je suspends à l'un des bras d'une balance un cylindre creux *A*, sous lequel j'accroche un autre cylindre solide *B* qui est de même volume, ou qui remplit exactement la capacité du premier.

Après les avoir mis en équilibre avec un contre-poids *C*, je dispose l'appareil de manière que le cylindre solide plonge entièrement dans l'eau : j'observe que le poids *C* devient prépondérant, et que l'équilibre se rétablit quand on remplit d'eau le cylindre creux : mais alors on ajoute un volume d'eau qui est le même que celui du corps plongé. Il avoit donc perdu ce que pèse un volume du liquide égal au sien (507).

39. Le corps éprouveroit une perte plus grande, s'il avoit plus de volume, puisqu'il déplaceroit alors une quantité d'eau plus considérable.

Expérience.

On suspend aux bras d'une balance une bille d'ivoire, et une balle de plomb qui se font équilibre dans l'air. Ensuite, on les plonge dans l'eau, et le globe de plomb l'emporte sur l'autre, parce qu'ayant un plus petit volume, il perd moins que la bille d'ivoire.

40. Si le fluide est plus dense, un volume égal à celui du solide pèse davantage, et ce dernier perd une plus grande partie de son poids.

Expérience.

Choisissez deux billes d'ivoire qui aient le même diamètre. Elles seront en équilibre dans l'air et dans l'eau. Mais si vous plongez l'une dans l'air et l'autre dans l'eau, celle-ci perdra plus que la première, et l'équilibre sera détruit.

MARTEAU PHILOSOPHIQUE.

41. Puisque les corps plongés dans un fluide y perdent une partie de leur poids, ils ne tombent jamais dans l'air avec toute l'énergie de la pesanteur. Les flocons de neige et les gouttes de pluie qui traversent l'atmosphère nous frappent avec moins de force que dans le vide.

Expérience. (Fig. 24.)

On renverse un tube de verre exactement fermé, dans lequel on a supprimé l'air et qui tient un peu d'eau. Ce liquide, n'éprouvant aucune résistance, se précipite avec un bruit très-sensible, et brise quelquefois l'appareil entre les mains de ceux qui l'agitent sans précaution.

42. Lorsque le poids du solide est moindre que celui d'un pareil volume du liquide, il s'y enfonce jusqu'à ce que le poids de la partie déplacée soit égal au sien.

Expérience. (Fig. 22.)

Plongez une boule creuse et très-légère dans un vase qui communique avec un tube AB, et qui est rempli d'eau jusqu'en DF, ce globe fera monter un volume du liquide égal à celui de la partie submergée.

Ouvrez ensuite le robinet G jusqu'à ce que la surface du fluide revienne à sa première hauteur; vous aurez, par ce moyen, toute l'eau déplacée, et son poids sera précisément égal à celui du solide (508).

43. Le corps ne descendroit pas à la même profondeur, si le fluide étoit plus dense, puisqu'il en faudroit moins pour former un poids égal à celui du solide.

Expérience. (Fig. 25.)

AB est un tube de verre terminé par deux boules C et D. La

dernière tient un peu de mercure, afin que l'instrument conserve une position verticale quand il est plongé dans un liquide.

Si vous portez cet appareil dans l'esprit-de-vin, et qu'il descende jusqu'en *A*, il s'enfoncera moins dans l'eau pure, et moins encore dans l'eau salée.

44. Le solide reste dans la place qu'il occupe, lorsque son poids est égal à celui d'un pareil volume du liquide.

Expérience.

Quand on établit dans l'eau distillée une boule creuse, dont le volume est un décimètre cube, et qui pèse un kilogramme, c'est-à-dire, autant qu'un décimètre cube du fluide, ce globe demeure en équilibre partout où il se trouve (509).

45. Ces différens principes nous donnent l'explication de plusieurs phénomènes que l'art et la nature offrent souvent à nos regards.

1°. Les animaux qui se noient vont d'abord au fond de l'eau, parce que leur poids est plus grand que celui d'un pareil volume du fluide. Mais, quelque temps après, les parties se gonflent, et le cadavre, qui a plus de volume, s'élève à la surface du liquide (39).

2°. Il est plus facile de nager lorsqu'on a des vessies pleines d'air appliquées sous les bras, parce que le corps a plus de volume, et que son poids est alors moindre que celui d'un pareil volume du liquide (42).

3°. On peut faire des gondoles ou barques en cuivre, quoique l'eau soit environ 8 fois moins pesante que ce métal. Elles surnagent toutes les fois que leur charge n'excède pas le poids du fluide qu'elles déplacent.

PESANTEUR SPÉCIFIQUE DES SOLIDES.

46. La pesanteur spécifique d'un corps est le poids de l'unité de volume.

On la compare à celle de l'eau distillée, c'est-à-dire, qu'on indique le rapport de ces deux quantités, ou le nombre de fois que l'une contient l'autre. Ainsi, on dit que la pesanteur spécifique de l'or est 19, parce qu'elle est 19 fois plus grande que celle de l'eau, qui est représentée par l'unité. Elle seroit 19,000, si l'on exprimoit la pesanteur spécifique de l'eau par 1,000.

Pour trouver ce rapport, on pèse un petit morceau du métal dans l'air et dans l'eau. La première opération donne le poids du corps, qui sera, par exemple, de 95 grammes; la seconde fait connoître ce qu'il perd dans l'eau, ou le poids d'un volume du liquide égal au sien (38), et que nous supposerons de 5 grammes. Or, 5 est contenu 19 fois dans 95; le poids de l'or est donc environ 19 fois plus grand que celui de l'eau, sous le même volume.

Il s'ensuit qu'un décimètre cube d'or pèse dix-neuf fois plus qu'un décimètre cube d'eau bien pure (512).

PESANTEUR SPÉCIFIQUE DES LIQUIDES.

47. Les physiciens comparent aussi la pesanteur spécifique des liqueurs, avec celle de l'eau distillée. On détermine le rapport de ces deux quantités, par le moyen d'un instrument qui se nomme *aréomètre* ou *pèse-liqueur*. Il y en a cinq principaux dont nous exposerons l'usage et la construction.

ARÉOMÈTRE D'HYPACIE. (Fig. 25.)

48. Hypacie, fille de Théon, géomètre d'Alexandrie, fut célèbre par ses talens, au commencement du cinquième siècle.

L'aréomètre, qui porte son nom, est composé d'un tube de verre AB terminé par deux boules C et D. La seconde renferme un peu de mercure, afin de maintenir l'appareil dans une position verticale.

Après avoir marqué zéro vers le point qui surnage dans l'eau,

distillée, on divise la tige en parties égales de longueur arbitraire ; s'il descend moins dans une autre liqueur, on en conclut avec raison (43) qu'elle est plus dense, ou que sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, quoiqu'on ne connoisse pas leur véritable rapport.

ARÉOMÈTRE DE BEAUMÉ. (Fig. 26.)

49. Cet aréomètre, semblable à celui d'Hypacie, n'en diffère que par la manière dont il est gradué.

Quand on a marqué d'un zéro le point qui surnage dans l'eau pure, on plonge l'instrument dans un vase qui renferme 99 parties d'eau avec une de sel marin, par exemple : il s'y enfonce un peu moins (43), et le point qui répond à la surface du liquide, forme le premier degré. Deux parties de sel, et 98 parties d'eau, fournissent le second ; 97 parties d'eau et trois de sel, donnent le troisième ; enfin, on continue de cette manière, jusqu'à ce que la tige soit entièrement divisée.

Chaque division indique alors un centième de sel dans un liquide ; si l'aréomètre est à cinq degrés dans une masse d'eau salée qui pèse 300 livres, nous saurons qu'elle tient en dissolution les cinq centièmes du poids total, ou 15 livres de sel marin.

On ne trouveroit pas, avec autant de précision, la quantité de salpêtre qui seroit dans quelques livres d'eau, parce que tous les sels n'augmentent pas également la densité de l'eau qui se combine avec eux ; il faudroit, à la rigueur, se procurer un aréomètre pour chaque espèce de sel.

ARÉOMÈTRE DE FARENHEIT. (Fig. 27.)

50. Il est surmonté d'un bassin *EC*, propre à recevoir de petits poids.

Si l'instrument pèse 200 grammes, et que vous en ajoutiez 100 pour qu'il enfonce dans l'eau distillée, jusque vers un point *D*

marqué sur la tige ; il s'ensuit que ces 300 grammes sont le poids d'un volume d'eau égal à celui de la partie plongée (42).

Lorsque vous porterez cet appareil dans une liqueur plus dense que l'eau, vous serez obligé d'augmenter le nombre des grammes pour qu'il descende jusqu'en *D* (43). Je suppose que le bassin contienne alors 400 grammes, ou que le poids total soit de 600 grammes au lieu de 300 ; vous en conclurez que c'est le poids d'un volume du liquide égal à la partie submergée (42). Ainsi, la liqueur pèsera deux fois plus que l'eau distillée sous le même volume (513).

ARÉOMÈTRE DE NICOLSON. (Fig. 28.)

51. L'aréomètre de Nicolson est un cylindre de fer blanc, terminé par deux bassins *D* et *G*. On l'emploie comme celui de Farenheit, pour déterminer la pesanteur spécifique des liqueurs ; mais il sert encore à trouver celle des solides.

Supposons 1°. qu'un poids de 100 grammes dans le bassin *D* fasse descendre l'appareil jusqu'en *A*, dans l'eau distillée ; 2°. que je produise le même effet, avec 60 grammes et un morceau d'argent ; il est évident que le poids du métal dans l'air est de 40 grammes.

Après l'avoir établi dans l'autre bassin, je replonge l'aréomètre dans l'eau. Il ne s'enfonce plus jusqu'au point *A*, parce que l'argent perd une partie de son poids égal à celui du fluide qu'il déplace (38).

S'il faut ajouter 4 grammes dans le bassin *D*, ils seront le poids d'un volume du liquide égal à celui du métal, et cette expérience m'apprendra que l'argent pèse dix fois plus que l'eau distillée, quand ils ont même volume (514).

GRAVIMÈTRE DU C. GUITON. (Fig. 28.)

Cet aréomètre est semblable à celui de Nicolson ; mais il est d'un usage plus général et plus commode.

52. Le citoyen Guiton le construit en verre, afin qu'on puisse le plonger dans les acides. Il place dans le bassin *G*, une petite masse de verre qui fait descendre l'appareil jusqu'au point *A*, dans l'eau distillée.

Cette pièce est utile, quand on veut avoir la pesanteur spécifique des liqueurs plus denses que l'eau. Elle permet d'ajouter un plus grand nombre de grammes dans le bassin *D*, sans entraîner l'instrument hors de sa *position verticale*.

COURS

DE PHYSIQUE

PARTICULIÈRE.

PHYSIQUE PARTICULIÈRE.

Cette science a pour objet les propriétés particulières des corps, ou les différentes manières dont ils agissent les uns sur les autres.

Elle se propose aussi de séparer et de combiner les substances dont ils sont composés. La première opération reçoit le nom d'*Analyse*, et la seconde porte celui de *Synthèse* ou de *Combinaison*.

On est convenu de regarder comme *simples*, tous les corps dans lesquels on n'a point encore trouvé plusieurs substances différentes.

Ceux que l'on connoît sont au nombre de 42; 10 terres, 2 alcalis, la potasse et la soude, 22 métaux, l'oxigène, l'azote, l'hydrogène, le calorique, la lumière, le carbone, le soufre et le phosphore.

Toutes les productions du globe se divisent en trois classes ou *règnes* qui renferment les minéraux, les végétaux et les animaux. Nous y ajouterons une autre classe composée des corps qui sont plus généralement répandus que les autres, et qui paroissent être les principaux agens de la nature.

PREMIÈRE SECTION.

Elle traite de l'air, du calorique, de l'eau, de la lumière, de l'électricité, du galvanisme, du magnétisme, et des météores.

LIVRE PREMIER.

DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE.

53. L'air est un fluide permanent, soumis à la pésanteur, compressible, élastique, qui est le véhicule du son, et le dissolvant de l'eau.

Il forme autour de la terre une espèce d'enveloppe qui a 18 ou 20 lieues de hauteur, et dont la masse entière constitue l'atmosphère.

On dit que c'est un gaz permanent, parce qu'on ne connoît point de froid capable de le faire passer à l'état de solide ou de liqueur.

La douleur qu'il excite, par son contact avec les plaies et les nerfs, suffit pour démontrer qu'il n'est point insipide.

Il se dérobe à nos regards lorsqu'il est en petite quantité, parce qu'il est très-perméable à la lumière. Mais il est visible pour ceux qui en observent de grandes masses. Elles réfléchissent une partie des rayons qui frappent la surface de la terre, et nous voyons alors cette partie de l'atmosphère comme une voûte azurée qui paroît être la région des astres, quoiqu'elle en soit à une distance immense.

CHAPITRE PREMIER.

PESANTEUR DE L'AIR.

54. L'AIR atmosphérique obéit à la gravité, comme tous les autres corps. Si vous plongez le bec d'une seringue dans un vase plein d'eau, le poids de l'air extérieur obligera ce liquide à s'élever dans le cylindre, à mesure que vous tirerez le piston vers l'extrémité supérieure.

Lorsqu'on demandoit aux anciens la cause de ce phénomène, ils répondoient que la nature avoit horreur du vide, et qu'elle s'empressoit de remplir celui qui se trouve entre la base du piston et la surface de l'eau.

Vers 1640, des ouvriers d'Italie construisirent une pompe aspirante, dans l'espoir de porter l'eau jusqu'à 60 pieds de haut. Surpris de voir qu'elle ne montoit pas même à 32 pieds, ils consultèrent Galilée qui ne put les satisfaire; mais il soupçonna dès-lors que l'ascension de l'eau dans les pompes ne dépendoit pas de l'horreur qu'on attribuoit à la nature : il en chercha la véritable cause, et son génie l'auroit indiquée à la postérité, si la mort ne l'eût enlevé aux sciences qu'il avoit enrichies des plus belles découvertes.

ARTICLE PREMIER.

TUBE DE TORICELLI.

55. Toricelli, disciple de Galilée, fit voir, en 1643, que le poids d'une colonne d'air atmosphérique est égal à celui d'une colonne de mercure qui auroit même base, et 76 ou 78 centimètres de hauteur (28 ou 29 pouces).

Expérience. (Fig. 35.)

On prend un tube ouvert à l'une de ses extrémités, et qui

a 97 centimètres de longueur (3 pieds). Après l'avoir empli de mercure, on ferme l'orifice avec le doigt, pour le renverser dans un vase qui tient un peu de ce liquide. Une partie du mercure se précipite dans la cuvette, et la pression de l'air soutient une colonne AC qui est d'environ 76 centimètres (28 pouces).

Si vous répétez cette expérience avec un tube AC, (fig 36) dont l'extrémité supérieure est couverte d'une vessie mouillée, vous remarquercz 1°. qu'il reste dans le tube une colonne BC de 28 pouces; 2°. que la vessie devient concave; 3°. que le mercure s'écoule dans le réservoir aussitôt qu'on la perce avec une aiguille, parce que la pression de l'air qui pénètre dans le tube, fait équilibre à celle de l'air qui soutient ce liquide, en agissant de bas en haut.

Expériences de Pascal.

56. En 1645, Pascal fit aussi plusieurs expériences destinées à réfuter les partisans de l'horreur du vide. Comme l'eau pèse environ quatorze fois moins que le mercure, il pensa que la hauteur du premier liquide seroit quatorze fois plus grande, et l'événement répondit à ses conjectures. Il observa que la colonne d'eau suspendue dans les tubes renversés étoit de 104 décimètres (32 pieds). La pression d'une colonne d'air qui avoit un décimètre quarré de base et même hauteur que l'atmosphère, soutenoit 104 décimètres cubes d'eau, c'est-à-dire, un poids de 104 kilogrammes (212 livres).

Sur la fin de 1648, il engagea l'un de ses amis qui habitoit la ville de Clermont, à répéter l'expérience de Toricelli sur une montagne voisine.

Le mercure descendit à mesure qu'on avança vers le sommet qui est élevé de 974 mètres (500 toises). Quand on y fut arrivé, le baromètre avoit baissé de 108 millimètres (4 pouces), parce que la colonne d'air qui pressoit la surface du mercure dans la cuvette, se trouvoit diminuée de 974 mètres.

Effet du ressort de l'air.

57. Nous verrons bientôt que l'air est élastique, ou qu'il tend à se rétablir dans son premier état, avec une force égale à celle qui le comprime. Il s'ensuit qu'une petite masse d'air, enfermée de toutes parts, est capable de faire équilibre à 28 pouces (76 centimètres) de mercure, lorsqu'elle a même densité que l'air extérieur.

Expérience. (Fig. 37.)

On établit un tube de Toricelli dans un vase exactement fermé; l'air ne peut y pénétrer, et le mercure se tient encore à 28 pouces. Or, il n'est pas soutenu par le poids de l'air intérieur qui est insensible; c'est donc par son ressort, ou par la force avec laquelle il presse tous les obstacles qui l'empêchent d'occuper un plus grand espace.

ARTICLE II.

Machine pneumatique. (Fig. 38.)

58. C'est une espèce de pompe qui sert à supprimer l'air contenu dans un vase; elle fut inventée vers 1654, par Otto de Guérikue, qui en fit les premiers essais à la diète de Ratisbonne, sous les yeux de l'empereur. Boyle, physicien de Londres, corrigea la plus grande partie de ses défauts, et d'autres l'ont conduite, par degrés, à l'état de perfection qu'elle nous présente aujourd'hui.

Elle est composée : 1°. d'un cylindre AB qui est dans une position verticale, et dans lequel se meut un piston C qui porte une tige de fer CD, terminée par un étrier;

2°. D'une platine EF, couverte d'un cuir humecté, sur lequel on renverse les vases qu'on veut purger d'air, et qui sont connus sous le nom de *récipiens;*

3°. D'un robinet GH, avec lequel on peut établir ou fermer à volonté la communication entre ces vaisseaux et le corps de pompe AB.

Les Allemands ont placé le cylindre dans une situation horizontale, afin d'augmenter sa longueur et sa capacité. Les Anglais ont imaginé deux corps de pompe, et deux pistons qu'on fait jouer par le moyen d'une manivelle et d'une roue dentée; mais on emploie, dans cet appareil, des soupapes qui exigent des réparations fréquentes. La machine de Nollet, que nous avons décrite, paroît encore la plus simple et la plus facile à maintenir dans son intégrité.

Expérience. (Fig. 39.)

59. On applique sur la platine de la machine pneumatique, un récipient AB qui ne contracte avec elle aucune adhérence, parce que le ressort de l'air intérieur fait équilibre à la pression de l'atmosphère (57); mais il est impossible d'enlever cette espèce de cloche quand elle est bien purgée d'air, parce qu'elle est chargée d'un poids égal à celui d'une colonne d'eau qui auroit 104 décimètres de hauteur (32 pieds), et la surface du vaisseau pour base (56).

L'air est expansible, c'est à dire, qu'il se répand uniformément dans tout l'espace qu'on lui présente; c'est pourquoi le premier coup de piston fait passer dans le corps de pompe une moitié de l'air compris sous le récipient, lorsque ces deux capacités sont égales. Après avoir fermé la communication qui règne entr'elles, on remonte le piston qui force l'air contenu dans le cylindre à sortir par un canal IG, pratiqué dans le robinet; le second coup supprime encore la moitié de l'air intérieur, de manière qu'il n'en reste plus que le quart; un troisième coup n'en laisse que le huitième, et les différentes quantités d'air qui se trouvent sous la cloche, forment la progression (*h*) géométrique, $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}$ (515).

On remarque dans la machine anglaise (Fig. 388.), 1°. une

(*h*) Une progression géométrique est une suite de termes qui se contiennent le même nombre de fois.

platine *AB* qui communique par un canal *CD* avec un tube horizontal *ET*:

2°. Deux corps de pompe *HR* et *MS* qui sont dans une position verticale:

3°. Deux pistons *GI* et *KL*, dont les tiges répondent à une roue dentée:

4°. Des soupapes *N*, *O*, *P* et *Q*, pour fermer les ouvertures qui se trouvent à la base des corps de pompe, et au centre des pistons.

Quand la roue dentée fait monter l'un des pistons *GI*, une partie de l'air enfermé sous le récipient s'élance dans l'espace vide en soulevant la soupape *N*.

Ce petit cône retombe, en vertu de son poids et du ressort de l'air qui le presse, de manière que le fluide ne peut rentrer dans le tube *EF*.

Lorsqu'on tourne la roue en sens contraire, le piston *GI* descend vers *EH*, et *KL* s'éloigne de *MF*. Le premier comprime la masse d'air *GH*, qui s'échappe en soulevant la soupape *O*, tandis qu'une autre portion de l'air contenu sous la cloche se précipite dans le cylindre *SF*.

Casse-Vessie. (Fig. 40.)

60. Des récipiens très-fragiles résistent à la pression de l'air, parce qu'ils sont arrondis en tous sens, et que leurs parties forment des espèces de coins ou de pyramides qui se prêtent un appui réciproque, à peu près comme les pierres d'une voûte.

Si vous soumettez à l'épreuve du vide un vase ouvert à ses deux extrémités, après avoir lié sur le contour une vessie qui soit un peu mince, vous observerez qu'elle devient concave, et qu'elle se brise avec une détonnation plus ou moins forte.

Le bruit qui frappe vos oreilles vient de l'air extérieur qui s'élance avec rapidité contre les parois du vase, dans lequel il n'éprouve qu'une foible résistance.

Expérience. (Fig. 46.)

AGD est une espèce de syphon ouvert à l'extrémité *A* et fermé en *D*.

Quand on fait couler un peu de mercure dans l'appareil, ce liquide remplit la partie *BGC* (25), et divise l'air intérieur en deux colonnes *AB* et *CD*. La seconde a même densité que l'air extérieur, puisqu'elle est soumise à la pression de l'atmosphère, égale au poids d'une colonne de mercure qui auroit 76 centimètres de hauteur (28 pouces); mais le volume de cette petite masse d'air se réduit à sa moitié, lorsqu'on la charge d'un poids double, en versant 76 centimètres de mercure dans le grand tube *AB*. L'espace que l'air occupe est donc en raison inverse des poids qui le pressent.

Cette règle n'est point applicable à tous les degrés de compression; elle ne s'observe plus, quand le volume de l'air est diminué des trois quarts; et si les parties de ce fluide élastique se touchoient pour ne former qu'une seule masse, il seroit impossible de les rapprocher davantage, puisque tous les corps sont impénétrables (7).

On voit que les couches inférieures de l'atmosphère doivent être plus denses que les autres, non seulement à cause des vapeurs et des exhalaisons qui s'y trouvent, mais encore parce qu'elles sont resserrées par le poids des couches supérieures.

CHAPITRE III.

ÉLASTICITÉ DE L'AIR.

67. L'AIR est élastique, c'est-à-dire, qu'après avoir été soumis à l'action d'une force quelconque, il se rétablit dans son premier état, lorsqu'elle cesse de le comprimer. La durée de la compression n'altère point cette propriété. Roberval nous assure qu'une

masse d'air enfermée dans un fusil à vent, pendant seize ans, y conserva toute l'énergie de son ressort.

Première Expérience. (Fig. 47.)

On établit sous le récipient de la machine pneumatique, une vessie qui tient un peu d'air; ensuite on fait le vide, et l'air intérieur se dilate au point de remplir entièrement la vessie, parce qu'on le dérobe à la pression de celui qui l'environnoit; mais il reprend ses premières dimensions, quand on permet à l'air extérieur de rentrer sous la cloche.

Deuxième Expérience. (Fig. 48.)

On couvre d'une cloche un flacon plein d'eau, et renversé dans un vase. Une petite bulle d'air *E*, qui se trouve au sommet, s'étend à mesure qu'on évacue l'air intérieur du récipient. Elle occupe toute la capacité de la bouteille; mais elle retourne à son premier état, quand on laisse pénétrer l'air extérieur qui presse la surface du liquide, et le force à remonter dans le flacon.

Troisième Expérience.

68. L'air intérieur des corps se raréfie lorsqu'on les soumet à l'épreuve du vide; il pousse devant lui toutes les parties qui l'entourent; c'est pourquoi des pommes flétries paroissent avoir leur première fraîcheur, sous une cloche purgée d'air. La bière fournit une grande quantité de mousse dans les mêmes circonstances. L'air enfermé dans cette liqueur se dilate aussitôt qu'on diminue la pression de l'air environnant qui s'oppose à son expansion. Il entraîne les parties visqueuses du liquide, et forme avec elles une espèce d'écume qui vient couronner les bords du vase.

69. L'énergie du ressort de l'air augmente dans le même rapport que sa densité. (Fig. 46.)

Nous avons observé (66) que la colonne d'air *CD* se réduit à sa moitié, quand on la charge d'un poids double, en ajoutant 76 centimètres de mercure. Son ressort fait équilibre à une pression deux fois plus grande; mais ses molécules sont aussi deux fois plus rapprochées. Il est donc évident que son ressort augmente dans le même rapport que sa densité.

Pression de l'air sur notre corps.

70. C'est principalement à cause du ressort de l'air, que nous résistons sans peine à la pression de l'atmosphère, quoiqu'elle soit égale au poids d'une colonne d'eau qui auroit la surface de notre corps ou 158 décimètres quarrés pour base (15 pieds), et 104 décimètres de hauteur (32 pieds). Il en résulte un volume de 16,432 décimètres cubes, et un poids de 16,432 kilogrammes, (environ 33,600 livres), puisqu'un décimètre cube d'eau pèse un kilogramme.

Cette énorme pression devient insensible, 1°. parce qu'elle est habituelle; 2°. parce qu'elle s'exerce en tous sens; 3°. parce que le ressort de l'air enfermé dans notre corps, lui fait équilibre (57).

Si la pression de l'atmosphère vient à diminuer, l'air intérieur qui est moins comprimé se dilate, et nuit à la circulation du sang ou des autres liquides. Nous sommes alors moins agiles; et les voyageurs attestent qu'ils ont éprouvé quelquefois des hémorragies sur le sommet des hautes montagnes où les colonnes de l'air atmosphérique ont moins de hauteur que dans les vallons.

CHAPITRE IV.

APPLICATIONS DE LA PESANTEUR ET DU RESSORT DE L'AIR.

La pesanteur et l'élasticité de l'air nous procurent un grand nombre de machines fort ingénieuses. Nous indiquerons l'usage

et la construction de celles qui l'emportent sur les autres, par leur agrément ou leur utilité.

ARTICLE PREMIER.

DES BAROMÈTRES.

71. Quand l'expérience de Toricelli fut connue des physiciens d'Europe, chacun d'eux voulut avoir un tube, pour se convaincre de la suspension du mercure. Ils observèrent, 1°. que la hauteur de la colonne étoit sujète à des variations très-sensibles; 2°. que le ciel devenoit pur et serein lorsqu'elle augmentoit; 3°. qu'en diminuant, elle annonçoit ordinairement le vent ou la pluie. Nous verrons bientôt quelle foi l'on doit ajouter à ces présages. Mais, quoi qu'il en soit, on pensa dès-lors à faire de ce tube l'instrument que nous appelons *Baromètre*, et qui nous indique les changemens que la pression de l'atmosphère éprouve.

Baromètre simple. (Fig. 49.)

72. Pour construire ce baromètre, le meilleur de tous, on choisit un tube de verre très-sec qui ait 81 ou 97 centimètres de hauteur (30 ou 36 pouces), et dont le diamètre soit d'environ 7 millimètres (3 lignes).

Après l'avoir empli jusqu'au milieu de mercure bien pur, on le tourne légèrement sur son axe au-dessus de quelques charbons allumés, en agitant le mercure avec un fil de fer. La chaleur dilate les bulles d'air cachées dans ce liquide, et le fil de fer les force de monter à la partie supérieure du tube.

On y verse une nouvelle quantité de mercure; et quand elle a bouilli comme la première, on achève de remplir exactement ce tube, pour le renverser dans une cuvette qui tient aussi du mercure.

Il ne s'agit plus que de fixer l'appareil sur une planche divisée en parties égales, depuis la surface *AB* du fluide compris dans le réservoir, parce que le mercure de la cuvette soutient la partie *DC* de la colonne *ED* (25), et la pression de l'air fait équilibre au reste *EC*.

Une petite bulle d'air, qui se trouveroit au sommet *EF* du tube, empêcheroit par son ressort, que la pression de l'atmosphère ne produisit tout son effet. C'est pourquoi l'on a soin de bien chauffer le mercure, et de remplir exactement le tube, afin d'en chasser tout l'air intérieur.

Il paroît que la hauteur moyenne du mercure en France est de 74 centimètres, qu'il ne descend guère au-dessous de 70, et qu'il ne s'élève point au-dessus de 78 centimètres (29 pouces.)

Au lieu de plonger le tube dans une cuvette, on se contente quelquefois de courber son extrémité inférieure, et d'y souffler une boule ouverte en *A*, pour servir de réservoir au mercure (Fig. 50). Les deux colonnes *BC* et *CD* se font équilibre (25), et la pression que l'air exerce sur la surface du liquide ne soutient que *BE*.

Baromètre à cadran. (Fig. 51.)

73. Il est composé : 1°. d'un tube *GHL* qu'on remplit de mercure ; 2°. d'une poulie *BC* enveloppée d'un cordon qui porte deux petits poids inégaux. Le plus gros *D* est appuyé sur la surface inférieure du mercure, et l'axe de la poulie est chargé d'une aiguille *EF* qui se meut autour d'une circonférence divisée en parties égales.

Quand la pression de l'air augmente, le mercure s'abaisse dans le tube *GH*, et le poids *D* qui descend avec lui, fait tourner l'aiguille vers *M*. Le mercure monte au contraire dans ce tube, lorsque la pression de l'atmosphère vient à diminuer. Il soulève le

poids *D* qui permet au petit corps *N* d'entraîner l'aiguille vers le point *R*.

Baromètre incliné. (Fig. 52.)

74. C'est un tube courbé que l'on renverse dans une cuvette ; a des variations très-sensibles ; et si la hauteur perpendiculaire du mercure augmente de *GH*, par exemple, ce liquide parcourt dans le tube une étendue *GK* beaucoup plus grande : mais les frottemens qu'il éprouve sur la surface inclinée retardent les progrès de sa marche, et nuisent à la précision de l'instrument.

Baromètre double. (Fig. 53.)

75. Le baromètre double nous présente deux tubes parallèles *AB* et *BC*. Chacun d'eux porte une boule *F* et *C* de même diamètre, et le premier *AB* est ouvert en *A*.

Quand le tube *CB* est rempli de mercure, et que l'instrument se trouve dans une position verticale, ce liquide s'élève jusqu'en *D*. Les deux colonnes *DB* et *BK* se font équilibre (25), et l'air qui presse en *D*, soutient la partie *CK*. Il ne reste plus qu'à verser de l'esprit-de-vin coloré, jusqu'en *H*, par exemple.

Le mercure s'élève dans la boule *F*, toutes les fois que la pression de l'air diminue. Il n'en fait sortir qu'une petite quantité d'esprit-de-vin ; mais elle occupe un assez grand espace dans le tube, et l'on remarque aisément les variations de ce baromètre qui seroit très-utile, s'il n'avoit pas quelques défauts inévitables.

1°. Le poids de l'esprit-de-vin se réunit à la pression de l'air pour soutenir le mercure.

2°. L'esprit-de-vin s'évapore et l'appareil n'est plus au même degré, quoique la pression de l'atmosphère soit encore la même.

3°. La pression de l'esprit-de-vin change avec la hauteur de la colonne (31), et résiste plus ou moins à la chute du mercure.

Éprouvette ou *Baromètre tronqué.* (Fig. 54.)

76. Cet instrument nous fournit un moyen d'estimer la den-

sité de l'air qui reste sous le récipient de la machine pneumatique.

Il est composé d'un tube ouvert en *A* et courbé vers son milieu *C*. La seconde branche *EC* est d'environ 16 centimètres (6 pouces). Le mercure dont elle est remplie s'élève dans l'autre, quand le ressort de l'air enfermé sous la cloche, est trop foible pour faire équilibre au poids de cette petite colonne.

On verroit les deux surfaces de niveau sur la droite *GF*, s'il étoit possible de se procurer un vide parfait.

Baromètre lumineux.

77. Il y a des baromètres simples qui brillent d'une lumière assez vive, quand on les agite dans les ténèbres. Ce phénomène est l'effet du fluide électrique animé par le frottement du mercure sur les parois du tube. On ne l'observe pas dans les baromètres qui sont bien purgés d'air, ni dans ceux qui en tiennent une certaine quantité.

Hauteur des montagnes.

78. Le baromètre sert à mesurer la hauteur des montagnes, et l'espace vertical décrit par les ballons aérostatiques.

On a reconnu, par un grand nombre d'expériences, qu'en partant du niveau de la mer, le mercure s'abaisse d'une ligne (2 millimètres), quand on s'élève de 75 pieds (243 décimètres). Cette règle s'observe jusqu'à 1000 ou 1200 toises de hauteur (1948 ou 2338 mètres); mais il faut ajouter un pied (3 décimètres) pour la première ligne, deux pour la seconde, trois pour la troisième et ainsi de suite.

Je suppose que le baromètre soit à 28 pouces (76 centimètres) sur le bord de la mer, et qu'il soit à 23 pouces (62 centimètres) au sommet d'une montagne. La différence est de 60 lignes; c'est pourquoi, je multiplie 75 par 60, et j'ai 4,500 pieds. J'y ajoute les 60 premiers termes de la progression 1, 2, 3, 4, 5, etc., ou 1,830, ce qui donne une hauteur de 6,330 pieds (2,055 mètres).

Cette méthode expéditive et commode suffit dans les circonstances qui n'exigent pas une grande précision. Mais il faut avouer qu'elle n'est pas très-exacte : 1°. la chaleur diminue la densité de l'air, et le mercure ne descend plus d'une ligne, quand on s'élève de 75 pieds ; 2°. elle écarte les molécules du mercure, et le fait monter dans le baromètre.

Les plus hautes montagnes sont les Cordilières en Amérique, sous la zone torride : elles ont 4,500 toises (8,768 mètres) de hauteur perpendiculaire au-dessus du niveau de la mer. On remarque aussi les montagnes de Suisse en Europe, le mont Taurus en Asie, le grand Atlas et les montagnes de la Lune en Afrique. Mais celles du nouveau monde sont plus élevées ; le pic de Ténérif, qui est la plus haute montagne de notre hémisphère, n'a que 2400 toises de hauteur (4,676 mètres).

Hauteur de l'atmosphère.

79. S'il étoit possible de porter un baromètre aux extrémités de l'atmosphère, le mercure seroit de niveau, c'est-à-dire, qu'il auroit baissé de 28 pouces ou 336 lignes (76 centimètres) ; mais il descend d'une ligne (2 millimètres), quand on s'élève de 12 toises et demie (243 décimètres). Nous multiplierons donc cette quantité par 336, et nous aurons 4200 toises.

En y ajoutant (78) 56,616 pieds, ou 9,436 toises pour les 336 premiers termes de la progression 1, 2, 3, 4..., on aura 13,636 toises, et la hauteur de l'atmosphère seroit d'environ 7 lieues (31 kilomètres), si la densité de l'air diminuoit partout, comme vers la surface du globe ; mais les couches supérieures moins pressées que les autres se raréfient davantage ; et nous ignorons à quelle hauteur il faudroit parvenir au milieu d'elles, pour que le mercure s'abaissât d'une ou de deux lignes.

Nous verrons que le crépuscule fournit une autre solution du problême qui nous occupe. Cette méthode imaginée par Képler, indique une hauteur de 16 ou 18 lieues (71 ou 80 kilomètres).

Cependant il est probable que les bornes de l'atmosphère sont plus reculées, et qu'elles ne seront jamais fixées avec une grande exactitude.

ARTICLE II.

Chantepleure ou pompe des celliers. (Fig. 55.)

80. La chantepleure est une espèce de cylindre creux, dont les deux extrémités sont ouvertes.

Quand on la plonge dans un tonneau, le vin y monte par la propriété des tubes communiquans (25). On ferme l'orifice supérieur avant de la tirer hors du réservoir, et ce liquide est soutenu par la colonne d'air qui agit de bas en haut sur l'ouverture inférieure. Il s'écoule aussitôt qu'on découvre l'orifice *F*, parce que l'air pénètre dans l'appareil et presse la surface du vin, avec une force égale à celle qui le retient en *G*.

L'élasticité de l'air contenu dans la partie supérieure du tube, fait d'abord équilibre à la pression que l'atmosphère exerce en *G*; mais une petite quantité de vin se précipite; l'air intérieur occupe un plus grand espace, et l'énergie de son ressort diminue avec sa densité (69).

Entonnoir magique. (Fig. 56.)

81. Vous y remarquerez deux entonnoirs *EF* et *CD* qui laissent un vide entr'eux. La queue leur est commune, et porte à son origine une petite ouverture *A*.

Lorsqu'on remplit d'eau le tube *IH*, et l'entonnoir *EF*, elle s'élève dans l'espace intermédiaire (25), tandis que l'air en sort par un orifice *B* pratiqué sous l'anse.

On appuie le doigt sur cette ouverture *B*, pendant que l'entonnoir intérieur se vide; la colonne d'air qui agit en *A*, s'oppose à l'écoulement du liquide renfermé dans la cavité moyenne. Mais il obéit à sa pesanteur, dès qu'on permet à l'air de s'introduire par l'orifice *B*. L'eau sollicitée par deux forces égales et contraires se précipite en vertu de son poids.

Vous pouvez ainsi favoriser ou suspendre le jeu de l'instrument, et donner à ce phénomène une apparence de merveilleux qui en impose aux spectateurs.

Jet d'eau sous le récipient. (Fig. 57.)

82. *AB* est une bouteille au col de laquelle on mastique un tube *EF*. On la renverse dans un vase plein d'eau que l'on couvre d'un récipient sur la machine pneumatique, afin de supprimer une partie de l'air contenu sous la cloche et dans le flacon.

On laisse entrer l'air extérieur, et son ressort pressant la surface du liquide, le force à monter dans la bouteille, jusqu'à ce que l'air qui peut y rester ait repris la densité qu'il avoit auparavant.

Quand on rétablit ce flacon dans sa position naturelle, sous le récipient de la machine pneumatique (Fig. 58), l'air plus léger que l'eau s'élève à la partie supérieure *AGH* (34). On donne quelques coups de piston, et cette petite masse d'air se dilate en repoussant l'eau qui s'oppose à son expansion, de manière qu'on voit ce liquide s'élancer par le tube *EF* vers le sommet du récipient.

Ludions. (Fig. 59.)

83. Un ludion est une figure d'émail soutenue par une ampoule de verre, qui est percée d'une ouverture fort étroite. Ces deux corps surnagent dans une bouteille remplie d'eau, et fermée d'un morceau de liége.

Lorsqu'on enfonce le bouchon, l'eau pénètre dans le globe de verre, en comprimant l'air qui s'y trouve. L'ampoule et la figure pèsent alors plus qu'un pareil volume du liquide, et se précipitent au fond du vase.

Elles deviennent plus légères que l'eau, et remontent au sommet de la bouteille, quand on retire le bouchon; parce que l'air enfermé dans la boule, se dilate et chasse l'eau qui s'y étoit introduite.

Fontaine intermittente. (Fig. 60.)

84. Elle offre à nos regards 1°. un vase *AB*, et un bassin *FA GH* qui porte une ouverture *E*;

2°. Une douille *CD* qui est échancrée vers sa base *M*;

3°. Un réservoir *ON* (Fig. 61), que l'on remplit d'eau;

4°. Un tube *IK* dont l'échancrure *I* répond à celle de la douille;

5°. Deux petits canaux *R* et *T* qui fournissent plus d'eau que l'ouverture *E* ne peut en recevoir.

Quand on a placé le tube *IK* dans la douille *CD*, l'air extérieur s'introduit par l'échancrure *M*. Il s'élève dans le réservoir *ON*, et fait équilibre aux colonnes d'air qui agissent à l'extrémité des petits tubes *R* et *T*. L'eau qui s'écoule par ces petits canaux tombe dans le bassin *FAGH*. Elle couvre l'échancrure *M*, de manière que l'air n'entre plus dans le tube *IK*.

L'eau du réservoir *ON* est alors soutenue par les colonnes d'air qui répondent aux ouvertures *R* et *T*, et le jeu de la fontaine cesse pendant quelques instans. Mais il recommence dès que l'eau du bassin a passé dans le vase *AB* par l'orifice *E*. L'échancrure *M* est découverte, et l'air extérieur parcourt le tube *IK* pour arriver au sommet du réservoir *ON*.

Lampe à réservoir. (Fig. 62.)

85. Cette lampe est composée d'un réservoir *AB*, d'un tube horizontal *CD*, et d'un autre vertical *ED*.

La pression que l'air exerce en *E* s'oppose à l'écoulement du liquide; mais quand on évacue le tube vertical *ED*, quelques molécules d'air se glissent dans le canal *CD*, pour arriver au sommet du réservoir. Leur ressort fait équilibre à la pression de l'air extérieur, et le tube *ED* reçoit une petite quantité d'huile qui se précipite en vertu de son poids.

Il ne s'en écoule pas davantage pour deux raisons: 1°. l'air ne pénètre plus dans le réservoir, parce que la liqueur des tubes *ED* et *CD* lui en ferme l'entrée; 2°. l'air intérieur s'est dilaté, et son

ressort ne fait plus équilibre à la colonne d'air qui presse en *E*.

Fontaine de compression. (Fig. 63.)

86. C'est un vase *AB* traversé par un tube *CD* qui porte un robinet *E*. Quand ce réservoir est plein d'eau jusqu'en *GH*, par exemple, on y injecte de l'air par le moyen d'une espèce de pompe *IK* qui se visse au sommet du tube. (Fig. 64.) Ce fluide élastique, plus léger que l'eau, s'élève au-dessus du liquide, et son ressort augmente avec sa densité, suivant le nombre des coups de piston qu'on a donnés (69). Il presse la surface de l'eau qui s'élance à quarante pieds de hauteur (130 décimètres), lorsqu'on ouvre le robinet, après avoir monté sur le tube un ajutage *F* percé d'un petit orifice.

La pompe *IK* (Fig. 64) reçoit l'air par un orifice *B*, au-dessus duquel on tire le piston. Elle porte, à son extrémité *I*, une soupape qui empêche l'eau de monter dans le cylindre *IK*.

Fontaine de Héron. (Fig. 65.)

87. Elle a reçu le nom de son inventeur, *Héron* d'Alexandrie, qui vivoit 120 ans avant l'ère chrétienne.

On y remarque un bassin *ABCD*, et deux réservoirs *F* et *G*. Le centre du bassin est garni d'un tube *IH*, qui se termine en pointe, et qui descend presque au fond du vase *F*.

Le réservoir inférieur *G* communique : 1°. avec le bassin par un tube *KL*; 2°. avec le réservoir supérieur *F* par un autre canal *OM*.

On remplit ce dernier vaisseau jusqu'en *RS*, par le moyen d'une ouverture *N* qu'on a soin de fermer exactement. Ensuite, on verse dans le bassin une certaine quantité d'eau que le tube *KL* conduit au réservoir *G*. Elle en chasse l'air qui monte par le tube *OM*, dans l'espace *BCSR*. Ce fluide condensé fait effort pour occuper un plus grand espace. Il presse la surface du liquide; et le force de s'élever par le canal *IH*,

Fusil à vent. (Fig. 66.)

88. Il est composé : 1°. d'un canon qui est ouvert aux deux extrémités F et G ; 2°. d'une crosse de métal qui est creuse, et qui porte une ouverture H garnie d'une soupape R.

On fait passer dans la crosse une grande quantité d'air, par le moyen de la pompe IK (Fig. 64), que l'on visse en H. Ensuite, on lui substitue le canon GF, et l'on repousse la tige E de la soupape R qui découvre l'orifice H. Une portion de l'air intérieur s'échappe avec force, et la balle M, entraînée par ce fluide élastique, va percer une planche à 40 ou 50 pas.

Le ressort de l'air condensé ferme la soupape, dès qu'on cesse de la presser avec la détente. C'est pourquoi les fusils à vent ont l'avantage de servir plusieurs fois, sans être chargés de nouveau ; mais les dernières portées sont très-foibles, parce que la densité de l'air diminue à mesure que le réservoir se vide. Il est d'ailleurs si difficile d'entretenir le jeu des soupapes, que cette arme ne méritera jamais la préférence sur les fusils ordinaires.

ARTICLE III.

Syphon simple. (Fig. 67.)

89. Un syphon est un tube courbé qui a deux branches inégales.

Quand on plonge la plus courte dans un vase plein d'eau, cette liqueur y monte à la même hauteur AB que dans le réservoir (25). On aspire en M l'air intérieur du tube, et la colonne d'air qui presse la surface du liquide, le force de s'élever au sommet de l'instrument, pour s'écouler dans un vaisseau qu'on lui présente.

90. Il est aisé de faire voir que la pression de l'atmosphère est la véritable cause de l'écoulement du liquide.

Expérience. (Fig. 68.)

On prend un flacon percé vers le haut d'une ouverture *F*, et dont le col porte un bouchon traversé par la petite branche d'un syphon. Il est impossible d'exciter le jeu de cet appareil, toutes les fois que le vase est exactement fermé, parce que l'air extérieur n'a point la faculté de presser la surface de l'eau qui se trouve dans la bouteille; mais il produit son effet, dès que l'orifice latéral *F* est découvert, et l'on peut ainsi continuer ou suspendre à volonté l'écoulement de cette liqueur.

91. On pourroit demander comment il arrive que la colonne d'air qui répond à l'ouverture extérieure du syphon, ne fasse point équilibre à celle qui s'appuie sur la surface du liquide.

Soit *EF* (Fig. 67), la colonne d'air qui fait monter l'eau dans le tube, lorsqu'on raréfie l'air intérieur, et *PM* celle qui agit en sens contraire. La première soutient la colonne d'eau *GH*, et sa force est égale à son poids, moins celui de *GH*; tandis que l'énergie de la seconde est représentée par son poids, moins celui de *MG*; mais *MG* pèse bien plus que *GH*. La colonne *PM* sera donc plus chargée que l'autre, et dès-lors elle ne peut lui faire équilibre.

92. Il faut que la branche extérieure d'un syphon soit plus longue que la partie qui se trouve dans le vase au-dessus du liquide, c'est-à-dire, que *GM* doit être plus grand que *GH*.

En effet, si les deux tubes étoient égaux, comme *GH* et *GN*, les colonnes d'air *EF* et *PO* se feroient équilibre puisqu'elles seroient égales, et que d'ailleurs elles supporteroient des poids égaux, savoir les colonnes d'eau *GH* et *GN*. Il est facile de constater ce phénomène, en adaptant un syphon de cette espèce au flacon de la première expérience.

Syphon double. (Fig. 69.)

93. C'est un syphon simple, garni d'un tube *GF*, qui est parallèle à la branche extérieure, et soudé près de son extré-

mité *H*. Celui qui fait usage de cet appareil, ferme de son doigt l'orifice *H*, pendant qu'il aspire l'air intérieur en *G*; il voit l'eau monter au sommet de l'instrument, et peut se retirer avant qu'elle arrive dans sa bouche.

Syphon à jet d'eau. (Fig. 70.)

94. La grande branche *AB* se termine en pointe, et l'eau qui se précipite dans sa longueur, acquiert par sa chute une force capable de la porter à la hauteur du réservoir, si la résistance de l'air et du frottement ne détruisoit une partie de son activité.

Syphon de Wittemberg. (Fig. 71.)

95. C'est un syphon dont les deux branches sont égales. Il fut imaginé, vers 1684, par un citoyen de Stugard, et le duc de Wittemberg le regardoit comme une merveille dont il vouloit se réserver le secret. Mais on ne tarda point à reconnoître que cet instrument ne diffère en rien d'un syphon simple. Il produit l'écoulement des liquides, parce que la branche enfoncée dans l'eau, devient plus courte de la quantité dont elle est plongée.

L'eau s'élève jusqu'en *A* par la propriété des tubes communiquans, et la colonne d'air *CD* ne peut faire équilibre à celle qui presse la surface du liquide en *F*; la première est chargée du poids de l'eau renfermée dans la branche entière *BG*, tandis que la seconde ne soutient que le fluide contenu dans la partie *BA*.

Verres à diabètes. (Fig. 72.)

96. La tige de ces verres est un canal dans lequel on mastique une des branches *AB* d'un syphon. La plus courte *AD* se termine vers le fond du vase, et l'eau s'y élève à la même hauteur que dans le verre (25); elle s'écoule dès qu'elle a passé la crosse *A* du tube; parce que la colonne d'air qui agit en *B*, ne peut résister en même temps au poids de la colonne *AB*, et à la pression que l'air exerce sur la surface du liquide.

ARTICLE IV.

DES POMPES.

97. Les pompes sont des machines employées pour élever l'eau ; Vitruve en attribue l'invention à Ctésibius, géomètre d'Alexandrie, qui vivoit 120 ans avant Jésus-Christ ; il y a peu d'instrumens qui nous soient plus utiles. Elles servent à porter l'eau sur le sommet des plus hautes montagnes ; à détruire l'activité d'un feu dévorant ; à reconquérir des terres ensevelies sous les eaux, à dessécher le sein de la terre, pour en tirer les trésors que la nature y a cachés.

Pompes aspirantes. (Fig. 73.)

98. Une pompe est aspirante, quand l'eau n'est élevée que par la pression de l'air.

On y remarque : 1°. un cylindre creux *AB* qui se nomme *corps de Pompe ;* 2°. un tube *CD* qui plonge dans l'eau du réservoir ; 3°. un piston *G* conduit par une tige de métal.

Dès qu'on tire le piston de bas en haut, l'air enfermé dans le tube *CD* se dilate en occupant un plus grand espace, et son ressort affoibli (69) permet à l'air extérieur de pousser l'eau dans le *corps de Pompe ;* elle y monte jusqu'à ce que le poids du liquide, joint au ressort de l'air intérieur, fasse équilibre à la pression de l'air atmosphérique qui peut soutenir 32 pieds d'eau (104 décimètres).

Pompe aspirante dans le vide. (Fig. 74.)

99. On mastique au sommet d'un récipient ouvert, une pompe aspirante qui est terminée par un tube de verre *AB*, dont l'extrémité plonge dans un vase rempli de mercure. Après avoir établi cet appareil sur la platine de la machine pneumatique, on tire le piston vers le haut du cylindre, et le ressort

de l'air enfermé sous la cloche, fait monter le mercure dans le tube *AB*; mais il ne s'y élève plus, quand on a fait le vide sous le récipient; ainsi la pression de l'air est la véritable cause du phénomène des pompes aspirantes.

Pompe de Séville. (Fig. 75.)

100. En 1766, un ouvrier de Séville, en Espagne, construisit une pompe aspirante dont le tube *CD* avoit 195 décimètres de longueur (60 pieds). Voyant que l'eau n'arrivoit point à l'extrémité supérieure de ce canal, il donna, par impatience, un coup de hache qui fit une petite ouverture au-dessus du réservoir. Ses desirs furent aussitôt satisfaits, et l'eau parvint au lieu de sa destination; mais on avoit tort d'en conclure que la pression de l'air est capable de soutenir 60 pieds d'eau (195 décimètres).

En effet, supposons que l'eau soit en *F*, à 91 décimètres de hauteur (28 pieds), et que l'on pratique un orifice latéral *H*, à 32 décimètres (10 pieds) au-dessus du réservoir, l'air extérieur qui agit en tous sens, précipitera la colonne *DH*, et ne soulèvera que *HF* qui est de 59 décimètres (18 pieds).

Pour employer cette pompe, il faut d'abord fermer l'ouverture *H*, et donner plusieurs coups de piston qui élèvent l'eau jusqu'en *F*; on ouvre ensuite l'orifice latéral, afin que l'air pénètre dans le tube; et l'on continue, de cette manière, aussi longtemps qu'on veut faire usage de l'appareil. Ce procédé n'est pas très-expéditif, et ne fournit d'ailleurs qu'une petite quantité d'eau.

Pompe aspirante et élévatoire. (Fig. 76.)

101. Elle est composée : 1°. d'un tube *AB* surmonté d'une soupape *E* qui s'ouvre de bas en haut; 2°. d'un corps de pompe *CD*; 3°. d'un piston *G* qui porte une ouverture garnie d'une soupape *F*; 4°. d'un levier *KL* qui sert à mouvoir le piston; 5°. d'un réservoir supérieur *H*, et d'un autre inférieur *MN*.

En tirant le piston, vous raréfiez l'air compris entre sa base

et la surface de l'eau *PR*. Ce liquide est forcé, par la pression de l'air extérieur, à passer dans le corps de pompe; il n'en peut sortir, à cause de la soupape *E* qui se ferme par son poids, et par celui de l'eau qu'elle supporte.

Cette masse d'eau s'élève au-dessus du piston qui la presse en descendant; elle est retenue par la soupape *F*, et vous la verrez monter dans le réservoir *H*, si vous continuez le jeu de cette machine.

Pompe aspirante et foulante. (Fig. 77.)

102. Le tube *IL* qui plonge dans le réservoir, est surmonté d'une soupape *F*. Il communique, par le moyen d'un canal horizontal *CD*, avec un autre vertical *GH* dont la base est garnie d'une soupape *E*.

La pompe devient aspirante, et la pression de l'air extérieur fait passer l'eau dans le corps de pompe *AB*, lorsqu'on tire le piston *M* qui n'est percé d'aucune ouverture. Quand on l'abaisse, il agit sur la masse d'eau retenue par la soupape *FF*; et ce liquide parcourant le canal *CD*, ouvre la soupape *E* qui lui permet de s'élever dans le tube vertical *GH*.

De nouveaux coups de piston augmentent la quantité d'eau qui se trouve dans le tube *GH*, de manière qu'elle arrive bientôt à l'extrémité supérieure *H*. On peut donner à ce canal une très-grande hauteur, pourvu qu'on presse le piston avec une force capable de soulever la colonne d'eau *GH*.

Pompe des incendies. (Fig. 78.)

103. Une pompe aspirante et foulante ne fournit de l'eau que pendant la chute du piston; mais il y a des circonstances où l'on a besoin d'un jet continu, surtout lorsqu'on veut arrêter les progrès du feu prêt à consumer un édifice. On y parvient, en ajoutant à cette pompe un réservoir d'air *AB*, dans lequel se trouve le tuyau de conduite *EF*.

L'air enfermé dans le vase *AB*, est comprimé par l'eau qui s'y introduit avec effort; il se dilate pendant qu'on remonte le piston, et l'énergie de son ressort force l'eau de s'élever dans le tube vertical *EF*.

Des Pistons.

104. On fait les pistons avec des rondelles de cuir, serrées par deux autres de métal. Ceux qui sont entièrement de cuivre ou de plomb sont plus avantageux, parce qu'ils n'exigent aucune réparation; et que, d'ailleurs, ils sont moins sujets à l'influence de la sécheresse ou de l'humidité.

Des Soupapes. (Fig. 79.)

105. Les meilleures sont de métal, et taillées en forme de cône tronqué. La base supérieure est surmontée d'une tige *AB* qui se meut dans une lame horizontale *CD;* cette pièce dirige le mouvement de la soupape, et l'empêche de quitter l'ouverture qui doit la recevoir.

CHAPITRE V.

L'AIR EST UN DISSOLVANT DE L'EAU.

106. L'EAU s'évapore en se combinant avec l'air qui la fait passer à l'état de fluide élastique. On observe 1°. qu'il en dissout une plus grande quantité, lorsqu'il s'échauffe; 2°. qu'il abandonne une partie de celle qu'il tient en dissolution, quand sa température s'abaisse.

ARTICLE PREMIER.

Première Expérience. (Fig. 80).

On expose aux rayons du soleil une bouteille fermée, dont

la surface intérieure est humide. Elle se dessèche, et l'eau s'unit avec l'air contenu dans le vase, sans altérer les propriétés ni la transparence de ce fluide élastique.

Deuxième expérience. (Fig. 81).

Si vous portez dans un air sec des verres ou des flacons remplis de glace ou d'eau bien froide, les parois extérieures se couvriront d'une rosée très-abondante. Elles refroidissent l'air environnant qui abandonne une partie de l'eau qu'il avoit dissoute.

Une bouteille qui sort de la cave, produit le même effet durant les chaleurs de l'été, parce qu'elle est plus froide que l'air atmosphérique.

107. On aperçoit en hiver l'haleine des animaux, qui est invisible pendant l'été. L'air qui s'échappe de leurs poumons, se refroidit par le contact de l'atmosphère. Une partie de l'eau qui lui est combinée, se précipite et forme une espèce de nuage plus ou moins sensible.

C'est par la même raison qu'on voit une fumée très-épaisse autour des chevaux qui se livrent à de violens exercices. L'air environnant s'échauffe, et dissout une portion de la sueur dont ils sont couverts; ensuite, il abandonne ce liquide à mesure que sa température s'abaisse.

Dans les temps de gelée, quand l'air extérieur est plus froid que celui des appartemens, les vitres se mouillent en dedans, parce qu'elles refroidissent l'air intérieur qui se dessaisit d'une partie de l'eau qu'il tient en dissolution. Elles se mouillent en dehors, toutes les fois que le dégel arrive subitement, et que l'air intérieur est plus froid que l'atmosphère. Les murs et les rampes de fer sont alors très-humides, parce qu'ils abaissent la température de la masse d'air qui les touche.

108. La quantité d'eau que l'air fait passer à l'état de gaz, dépend non seulement de sa température, mais encore de sa pres-

sion ou de sa densité, qui réunit un plus grand nombre de parties sous le même volume, et qui dès-lors augmente l'attraction qu'elles exercent sur les molécules du liquide.

Première Expérience. (Fig. 82.)

Après avoir supprimé les cuirs humectés de la machine pneumatique, on établit sur la platine un récipient dont les bords sont entourés de cire molle, afin que l'air extérieur ne puisse y entrer. On donne par intervalles quelques coups de piston, et l'air contenu dans ce vase perd sa transparence, à mesure que sa densité diminue. Il en résulte une espèce de nuage qui devient plus sensible, quand on fait cette expérience dans une chambre obscure, en dirigeant un faisceau de lumière au travers de la cloche.

Deuxième Expérience. (Fig. 83.)

Le citoyen Darcet ayant exposé de la potasse calcinée sur la cîme du pic du midi, la trouva pulvérulente et sèche, tandis qu'elle devint liquide au pied de la montagne, où l'air étoit plus comprimé. L'acide muriatique (*k*), bien concentré, y répandoit une fumée blanche en attirant l'humidité de l'air, et n'exhaloit sur le sommet, que des vapeurs insensibles, parce que l'air moins dense n'étoit combiné qu'avec une petite quantité d'eau.

ARTICLE II.

DES HYGROMÈTRES.

109. Les hygromètres sont des instrumens qui nous indiquent la sécheresse ou l'humidité de l'air. On dit que ce gaz est sec, lorsqu'il absorbe l'eau dont les corps sont imbibés; il est humide, quand il cède une portion de celle qui lui est combinée. La potasse

(*k*) L'acide muriatique est celui qu'on retire du sel marin.

et la chaux calcinées attirent fortement l'humidité de l'air, et reçoivent une augmentation de poids très-sensible. Les différentes espèces de bois, les cordes et beaucoup d'autres matières s'emparent aussi d'une partie de l'eau que l'air tient en état de fluide élastique. La construction des hygromètres est fondée sur cette observation qui est fort ancienne. Il y en a trois principaux qu'on préfère à cause de leur exactitude ou de leur simplicité.

Hygromètre à corde. (Fig. 86.)

110. Il est composé d'une corde horizontale *CD*, foiblement tendue. Le milieu porte un fil de laiton chargé d'un poids *G*, qui se meut devant une planche divisée en parties égales. Ce petit corps s'élève quand l'humidité gonfle la corde, qui devient plus courte, parce qu'elle est torse ou formée de fibres obliques. Il descend, au contraire, toutes les fois que l'air plus sec absorbe l'eau dont elle est imbibée.

Hygromètre d'ivoire. (Fig. 87.)

111. C'est un cylindre d'ivoire, ou bien un tuyau de plume *AB* surmonté d'un tube de verre *CD*. On le remplit de mercure jusqu'en *F*, pour l'établir sur une planche divisée en parties égales. Ce liquide monte dans le tube, quand l'air diminue le volume du cylindre, en attirant l'eau qui écarte les parties de l'ivoire. Il baisse, au contraire, si l'air humide fournit au petit réservoir, des molécules d'eau qui le pénètrent et qui augmentent sa capacité.

Hygromètre à cheveu. (Fig. 88.)

112. Les hygromètres nous apprennent que l'air est plus ou moins humide; mais ils ne peuvent nous éclairer sur la quantité d'eau qui s'y trouve : il est même très-difficile de les rendre comparables, et ceux du citoyen Saussure sont les seuls qui paroissent avoir ce dernier avantage.

Ils sont composés d'un cheveu dont une extrémité *B* s'accroche

à un point fixe, tandis que l'autre environne un petit cylindre horizontal *EF* qui est terminé par une aiguille *GH*. Le cheveu est tendu par un contre-poids *C* de trois ou quatre grains, et l'aiguille se meut autour d'une circonférence.

Pour avoir deux termes fixes qui soient les mêmes dans tous les temps, on porte l'hygromètre sous une cloche de verre dont les parois sont arrosées d'eau, et qui couvre une capsule remplie de ce liquide : le cheveu s'alonge, et l'aiguille tourne vers un point du cadran qui est regardé comme le terme de la plus grande humidité ou de l'air saturé d'eau.

On établit ensuite l'instrument sous une autre cloche bien sèche, et qui renferme de la potasse calcinée, pour absorber l'humidité de l'air intérieur. Le cheveu diminue de longueur, en cédant les molécules d'eau qui écartoient ses parties; l'aiguille rétrograde vers un point où l'on marque zéro, et qui est le terme de l'extrême sécheresse. Il ne reste plus qu'à diviser l'espace intermédiaire en cent parties égales, pour que l'appareil jouisse de toute la précision dont il est susceptible.

Les cheveux doivent être doux et coupés sur une tête saine et vivante. On a soin de les bien laver dans l'eau chaude, après qu'ils ont bouilli dans une lessive qui tient 96 parties d'eau pure avec une partie de carbonate de soude (*l*).

ARTICLE III.

SATURATION DE L'AIR.

113. Pour déterminer la quantité d'eau que l'air peut absorber, on place un hygromètre de Saussure dans un ballon de verre dont le volume est de 34 décimètres cubes (un pied cube). Ensuite,

(*l*) Le carbonate de soude est une combinaison de la soude avec l'acide carbonique; et la soude est un alcali qu'on retire des cendres des plantes qui croissent sur le bord de la mer.

après avoir bien desséché l'air intérieur du vase par le moyen de la potasse calcinée, on y introduit un linge humide qui fait avancer l'aiguille vers le terme de la plus grande humidité. On retire ce linge, quand l'aiguille est stationnaire, et le poids qu'il a perdu indique celui de l'eau qui s'est combinée avec un pied cube d'air : on trouve qu'il est d'environ 64 centigrammes (12 grains) à la température de 15 degrés.

Poids de l'air saturé d'eau.

114. L'air saturé d'eau pèse moins que celui qui ne l'est pas ; et l'augmentation de son volume est plus grande que celle de sa masse. Newton avoit indiqué cette propriété que les expériences du citoyen Saussure ont confirmée (517). Elle nous fournit un moyen d'expliquer certaines variations du baromètre, et la fumée des rivières en hiver.

Variations du baromètre.

115. Le vent du sud-ouest et celui du midi font baisser le mercure dans le baromètre, parce qu'ils apportent dans nos climats des couches d'air qui ont parcouru l'Océan et la Méditerranée. Comme elles sont plus saturées d'eau, et moins pesantes que l'air qui leur a cédé sa place (114), la pression de l'atmosphère diminue, et le baromètre descend. Cette masse d'air s'élève dans les régions supérieures où elle se trouve moins comprimée qu'elle ne l'étoit auparavant. Une partie de l'eau qu'elle tient en dissolution se précipite, et produit les nuages ou la pluie.

Le vent du nord ou du nord-est fait monter le baromètre. Les couches d'air qu'il entraîne sont alors en contact avec le sol du globe qui leur offre peu d'eau à dissoudre ; moins saturées et plus pesantes que celles qui sont déplacées, elles s'unissent aux molécules d'eau qui forment les nuages, et rétablissent ainsi la transparence de l'atmosphère.

Fumée des rivières.

116. On voit en hiver une fumée très-épaisse, au-dessus des rivières qui sont moins froides que l'air atmosphérique. Les couches inférieures de ce gaz, échauffées par la masse du liquide, se combinent avec une certaine quantité d'eau qu'elles n'auroient pu dissoudre sans cette augmentation de température. Elles s'élèvent 1°. parce que la chaleur qui les a raréfiées, diminue leur pesanteur spécifique; 2°. parce qu'elles sont plus saturées (114). L'air environnant les refroidit et les force d'abandonner une partie de l'eau qui leur est unie. Il en résulte une espèce de nuage ou de brouillard auquel on a donné le nom de fumée.

CHAPITRE VI.

DU SON.

117. Le son est la sensation que nous éprouvons, toutes les fois que les vibrations d'un corps élastique frappent nos oreilles.

Un mouvement de vibration est celui qui porte alternativement les parties d'un corps en sens contraires.

On considère le son : 1°. dans les corps sonores; 2°. dans le milieu qui le transmet; 3°. dans l'organe qui le reçoit.

ARTICLE PREMIER.

DES CORPS SONORES.

118. On appelle ainsi les corps élastiques qui produisent des sons qu'on peut distinguer ou comparer entr'eux. L'air agité par une baguette, une cloche frappée d'un coup de marteau, des cordes plus ou moins tendues sont des corps sonores. On y excite des vibrations totales qui changent la figure du corps, et des vibrations partielles qui ne déplacent que ses molécules insensibles.

Vibrations totales. (Fig. 89.)

119. *AB* est une corde fixée à deux points immobiles, et que l'on pince vers son milieu pour la tirer en *F*. Elle acquiert une vîtesse capable de la porter au point *E*, d'où elle passe en *D* pour venir en *G*, et ces mouvemens alternatifs continuent jusqu'à ce qu'elle ait repris son premier état. On observe qu'elle franchit les intervalles *EF* et *DG* dans le même temps, de manière que toutes les vibrations d'une corde sont isochrones ou de même durée.

Lorsqu'on fait tourner un doigt mouillé sur les bords d'un verre plein d'eau, ce liquide agité par les vibrations du vase, forme des ondulations très-sensibles, et ses molécules s'élancent hors du verre, si la main se meut avec rapidité.

Il est facile de s'assurer que les vibrations d'une cloche altèrent sa figure. On suspend un récipient de cristal *AB* (Fig. 90) devant une pointe *EF* qui en est très-près, sans le toucher; ensuite, on frappe ce vase, et ses anneaux circulaires deviennent ovales, puisqu'ils s'étendent vers la tige de métal *EF*. Il en résulte des chocs redoublés qui ne peuvent échapper à l'oreille.

Vibrations partielles.

120. Elles paroissent être la principale cause du son. Quand on presse les deux branches d'une pincette à ressort pour les abandonner ensuite, elles restent muettes, quoique leur masse entière soit animée d'un mouvement de vibration; mais elles rendent un son plus ou moins aigu, dès qu'on excite le frémissement de leurs molécules par le choc d'un corps dur.

Ainsi la main qu'on applique sur une cloche, la neige qui tombe sur le timbre d'une horloge, et l'étoffe qui couvre un tambour dans les cérémonies lugubres, diminuent l'intensité du son, parce qu'elles affoiblissent les vibrations partielles du corps sonore.

Les tons et la gamme.

121. Un ton est l'intervalle qui sépare un son d'un autre, comme le *ré* de l'*ut*. On donne le nom de *graves* aux sons les plus bas, et celui d'*aigus* à ceux qui se trouvent les plus hauts : les cordes qui rendent les premiers, font moins de vibrations que celles qui produisent les autres.

La gamme ou l'échelle diatonique est composée de huit sons qui forment cinq tons ou deux demi-tons, parce que l'intervalle du *mi* au *fa*, et celui du *si* à l'*ut* ne sont que la moitié des autres. Elle n'avoit d'abord que sept sons, *ut*, *ré*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *ut*. Dans la suite, on y ajouta le *si*, qui ne fut généralement adopté qu'en 1650. Les notes inventées par Gui d'Arezzo étoient des points, et rien n'en marquoit la durée. Mais Jean de Muris, né à Paris vers 1350, imagina les rondes, les noires et les croches qui ont une valeur inégale.

Un son qui est élevé d'un demi-ton s'appelle dièze, et celui qui est abaissé d'un demi-ton se nomme bémol.

Des accords.

122. Un accord est un mélange de sons qui frappent l'oreille en même temps. Ceux qui lui plaisent ont reçu le nom de consonnances ; les principales sont l'octave, la quinte, la quarte, la tierce majeure et la tierce mineure.

L'octave de l'*ut* à l'*ut* au-dessus est un intervalle composé de cinq tons et deux demi-tons.

La quinte, de l'*ut* au *sol*, est formée de trois tons et demi.

La quarte, de l'*ut* au *fa*, nous présente deux tons et demi.

La tierce majeure, de l'*ut* au *mi*, renferme deux tons.

Enfin la tierce mineure, de l'*ut* au *mi* bémol, nous offre un ton et demi.

L'octave est la plus parfaite des consonnances, et nous sommes naturellement portés à la prendre pour le son principal. Ainsi,

lorsque nous chantons un peu trop haut, et que nous sommes obligés de revenir à un ton plus bas, nous descendons, sans y penser, à l'octave au-dessous.

Sonomètre. (Fig. 91.)

123. Le sonomètre est une caisse de bois qui porte une rosette comme les guitares, avec un chevalet mobile et deux cordes sonores. Cet instrument sert à démontrer : 1°. que le son d'une corde est plus aigu, lorsqu'elle fait plus de vibrations dans un temps donné; 2°. que le nombre de ses frémissemens est en raison inverse de sa longueur ou de son diamètre; 3°. qu'il augmente dans le même rapport que la racine quarrée des poids qui la tendent.

Première Expérience.

124. Deux cordes parfaitement égales, et tendues par un poids de quelques livres, rendent le même son qu'on peut appeler *ut*.

Quand on réduit la première à sa moitié par le moyen du chevalet mobile, elle fait deux fois plus de vibrations que l'autre, et donne l'octave au-dessus.

Les deux tiers produisent la quinte *sol*, et font trois vibrations pendant que la corde entière en fait deux.

Les trois quarts sonnent la quarte *fa*, et font quatre vibrations, tandis que la corde entière en achève trois.

On a le *mi*, tierce majeure, avec les quatre cinquièmes; et le *mi* bémol tierce mineure, par le moyen des cinq sixièmes qui font six vibrations pendant que la corde en exécute cinq.

Les huit neuvièmes de la corde fournissent le *re*; le son *la* vient des trois cinquièmes; et le *si*, des huit quinzièmes.

On voit qu'il est possible de représenter les sons par des nombres. En supposant que la corde qui engendre le son principal *ut*, soit d'un mètre, nous aurons les nombres suivans pour la gamme entière :

$$1, \frac{8}{9}, \frac{4}{5}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{8}{15}, \frac{1}{2}.$$

ut, re, mi, fa, sol, la, si, ut.

Si la corde qui rend le premier son *ut* est de 180 décimètres, les huit cordes qui produiront la gamme entière, seront de 180, 160, 144, 135, 120, 108, 96, 90 (518).

Deuxième Expérience.

125. Pour s'assurer que les sons deviennent plus aigus, et que les cordes font plus de vibrations lorsqu'elles ont un plus petit diamètre, on établit sur l'appareil deux cordes également tendues et de même longueur, mais de grosseurs inégales.

Quand le diamètre de l'une est deux fois moindre que celui de l'autre, la première fait deux fois plus de vibrations, et donne l'octave au-dessus.

Cette corde rend la quinte lorsque son diamètre est les deux tiers de l'autre, ou quand les diamètres sont entr'eux comme 2 est à 3; elle fait alors trois vibrations pendant que la seconde en achève deux.

On a la quarte, toutes les fois que le diamètre de cette corde est les trois quarts de l'autre. Elle fait quatre vibrations, tandis que la plus grosse n'en exécute que trois.

Vous auriez la tierce majeure, si le premier diamètre étoit les quatre cinquièmes du second; et la tierce mincure, s'il en étoit les cinq sixièmes.

Troisième Expérience.

126. Le son d'une corde est aussi plus aigu lorsqu'elle est plus tendue, et le nombre des vibrations qu'elle fait dans un temps donné, augmente comme la racine quarrée des poids qu'on emploie.

Il est facile de s'en convaincre, avec deux cordes qui ont le même diamètre et la même longueur. Quand la première soutient un poids d'une livre, et que la seconde en porte un de quatre livres, celle-ci fait deux fois plus de vibrations, et rend l'octave au-dessus.

Elle produira la quinte si vous la chargez d'un poids de neuf livres, tandis que l'autre en supporte quatre; et vous observerez

qu'elle fait 3 vibrations pendant que l'autre en achève deux ; mais 3 est la racine quarrée de 9, et 2 est celle de 4 (*m*). Les nombres des vibrations que ces deux cordes font dans le même temps, sont donc entr'eux comme les racines quarrées des poids qui les tendent.

Quatrième Expérience.

127. On peut également former les sons de la gamme, avec un vaisseau de verre qui donne un son quelconque lorsqu'il est plein d'eau. Vous aurez l'octave au-dessus, la quinte, la quarte la tierce majeure et la tierce mineure, suivant que la partie vide sera la moitié, les deux tiers, les trois quarts, les quatre cinquièmes et les cinq sixièmes du vase.

Application.

128. Nous avons trois moyens de varier le son des cordes qui ont la même densité ; ils sont réunis sur la basse, le violon et la guitare. Les cordes n'ont pas le même diamètre ; elles augmentent ou diminuent de longueur sous nos doigts qui servent de chevalets mobiles ; enfin, nous les tendons plus ou moins fortement avec les chevilles.

Les instrumens à vent, comme les flûtes, renferment une colonne d'air qui fait les fonctions d'une corde tendue par la pression de l'atmosphère. On produit les différens sons par le jeu des doigts et l'ouverture des lèvres : ils deviennent plus aigus, 1°. lorsque la colonne d'air est plus courte, ou qu'elle éprouve une tension plus forte ; 2°. quand elle se dilate ; 3°. lorsque les lèvres sont moins ouvertes.

Cordes à l'unisson.

129. Si l'on a sur un clavecin deux cordes à l'unisson, et qu'on fasse résonner l'une d'elles, on apercevra dans l'autre un petit fré-

(*m*) La racine quarrée d'un nombre est celui qui, multiplié par lui-même, donne ce nombre.

missement qui sera semblable à celui de la première, tandis que les autres cordes ne seront point agitées d'une manière sensible.

Une personne qui chante, fait quelquefois retentir des vaisseaux de verre, lorsqu'elle rend le son qui leur est propre; elle pourroit même casser un verre à boire en le portant à sa bouche, si elle avoit une voix éclatante; les vibrations qu'elle excite dans l'air, se communiquent aux différens anneaux du vase, et les parties qui ne cèdent point assez vîte, se trouvent séparées comme si on venoit de les frapper avec un corps dur.

Sons harmoniques ou flûtés.

130. C'est une espèce de sons très-doux qu'on tire du violon, par exemple, quand on appuie légérement le doigt sur quelques divisions de la corde; l'explication de ce phénomène est fondée sur l'expérience qui suit (Fig. 92):

Si vous pressez médiocrement une corde AD au point B, de manière que vous la divisiez en deux parties inégales qui se contiennent exactement, chacune d'elles produira le son de la plus petite AB.

La plus grande BD se divise alors en autant de parties qu'elle contient de fois AB, et ces divisions frémissent comme si elles étoient seules, ou que les extrémités B, C, E et D fussent des points fixes; on le démontre, en y établissant de petits morceaux de papier qui restent immobiles pendant la durée des vibrations de la corde.

Si AB n'est pas une partie aliquote (n) de BD, on aura le son que donneroit le plus grand diviseur commun de ces deux quantités. Ainsi, lorsque AB est composé de deux parties, et BD de trois; chacune de ces portions fait entendre le son qui convient au cinquième de la corde entière ou à la moitié de AB, parce que l'unité est la plus grande partie commune à 3 et à 2.

(n) Un nombre est partie aliquote d'un autre, quand il y est contenu sans reste.

Harmonie et Mélodie.

131. La mélodie est une suite de sons qui plaisent à l'oreille, et l'harmonie est une suite d'accords propres à flater cet organe; elles constituent la musique ou l'art de combiner les sons pour exciter ou peindre les divers sentimens qui nous agitent.

La mélodie parut avec les premiers hommes, qui l'ont reçue de la nature; mais l'harmonie se montra longtemps après, et n'eut d'abord que des règles éparses, fondées sur le goût et l'usage.

Rameau, né à Dijon, est le premier qui les ait établies sur la résonnance du corps sonore. Il a fait voir que les phénomènes de la musique en découlent, et que tous les accords se réduisent à un petit nombre, dont les autres ne sont que des combinaisons et des renversemens.

Expérience.

132. Un corps sonore, tel qu'une cloche un peu grave, fait entendre un son quelconque avec l'octave, et deux autres sons très-aigus. Le premier est l'octave de la quinte, du son principal ou générateur; et l'autre est la double octave de sa tierce majeure : or, nous sommes naturellement portés à prendre l'octave pour le son principal, et réciproquement (122). On peut donc assurer qu'un son est accompagné de sa tierce majeure, de sa quinte et de l'octave, qu'on appelle ses harmoniques.

Quand une corde rend le son *ut*, l'oreille est frappée des sons *ut*, *mi*, *sol*, *ut* qui forment un accord parfait donné par la nature (519).

ARTICLE II.

DES MILIEUX QUI TRANSMETTENT LE SON.

133. Un corps sonore communique ses frémissemens à la masse d'air qui l'environne. Celle-ci les transmet aux couches voisines. Ils passent ensuite à d'autres molécules, de manière qu'ils arrivent promptement à l'oreille.

Tous les gaz produiroient le même effet, puisqu'ils sont composés de parties élastiques.

L'eau qui est si difficile à comprimer, jouit aussi de cette propriété jusqu'à un certain point. Nollet eut la curiosité de se plonger dans le sein d'une eau tranquille, et son oreille y distinguoit les articulations de la voix humaine: il pensa d'abord que ce phénomène étoit l'effet de l'air que renferme ce liquide; mais une montre à réveil, enfoncée dans une masse d'eau purgée d'air, lui fit entendre le même son que dans l'eau commune.

Il y a des solides qui sont également capables de nous apporter les sons; l'oreille, appliquée sur l'extrémité d'une poutre, s'aperçoit du choc d'une épingle qui frappe l'autre extrémité.

134. Le son se propage de tous côtés en ligne droite, quand aucun obstacle ne l'arrête. On peut regarder chaque point du corps sonore, comme le sommet d'une infinité de cônes qui ont très-peu d'épaisseur. Un de ces cônes d'air *ABC* (Fig. 93) est ce qu'on appelle un *rayon sonore*.

Mais, comment se fait-il que nous distinguions plusieurs sons à la fois, et que les rayons sonores ne se confondent pas dans l'atmosphère ?

Les physiciens modernes répondent que ces petits cônes s'entrecoupent, à peu près comme les faisceaux de lumière qui se croisent, et ne se mêlent pas en traversant une petite ouverture (215).

D'autres ont essayé de résoudre cette difficulté, en supposant que les molécules de l'air n'ont pas la même grosseur, et que les frémissemens d'une corde, par exemple, ne se transmettent qu'aux parties capables d'exécuter le même nombre de vibrations, pendant l'unité de temps.

135. On observe que le son acquiert de la force toutes les fois que l'air est plus dense, ou lorsqu'on augmente son ressort par le moyen de la chaleur.

Première Expérience.

Etablissez un mouvement d'horlogerie sur un coussinet rempli de laine ou de coton, et couvrez-le d'un récipient sur la machine pneumatique.

Les marteaux, en frappant sur le timbre, donnent un son qui s'affoiblit à mesure qu'on fait le vide. Mais il reprend sa première énergie, quand on permet à l'air extérieur de rentrer sous la cloche.

Deuxième Expérience.

Après avoir enfermé le rouage dans un vase, on le plonge dans l'eau bouillante. La chaleur augmente le ressort de l'air intérieur, et le son du timbre a plus d'intensité qu'auparavant.

On entend mieux les sons dans le silence de la nuit, parce que l'air est plus condensé, ou parce que nous éprouvons moins d'impressions étrangères qui partageroient l'attention de l'ame.

Vitesse du son.

136. Le son ne parvient à l'oreille qu'après un temps bien sensible, et sa vitesse est l'espace qu'il décrit pendant une seconde, par exemple. Quand une personne éloignée tire un coup de fusil, vous n'entendez le bruit qu'après avoir aperçu le feu; mais le mouvement de la lumière est si rapide qu'elle parcourt 72,000 lieues par seconde. Il est donc permis de supposer qu'elle nous frappe aussitôt qu'elle existe, lorsqu'il s'agit des petits intervalles que nous mesurons sur la terre.

On a profité de cette observation pour déterminer la vitesse du son. En 1738, les membres de l'Académie des Sciences firent tirer plusieurs coups de canon dans un lieu que leur vue pouvoit atteindre. La distance étoit de 28,308 mètres (14,529 toises), et l'on compta 84 secondes écoulées depuis l'instant où la lumière parut, jusqu'au bruit de l'explosion. Il s'ensuit que le son parcourt, en une seconde, la quatre-vingt-quatrième partie de 28,308 mètres, ou 337 mètres (173 toises), ce qui donne 168 décimètres (52

pieds pour 3 tierces, qui sont la vingtième partie d'une seconde.

L'expérience nous apprend : 1°. que le son fort ou foible se propage avec la même rapidité ;

2°. Que sa vîtesse est uniforme ; ou qu'elle reste la même depuis le commencement jusqu'à la fin du mouvement ;

3°. Qu'elle est accélérée ou retardée par la vîtesse du vent, de manière qu'elle est de 173 toises (337 mètres) plus ou moins l'espace que le vent parcourt, lorsqu'il souffle dans le même sens ou dans une direction contraire.

La vîtesse du son fournit un moyen d'estimer, par la lumière et le bruit du canon, l'intervalle qui nous sépare d'une ville assiégée, d'un port de mer ou d'un vaisseau.

Porte-voix. (Fig. 94.)

137. C'est un instrument qui sert à se faire entendre de loin. Il est principalement utile aux navigateurs. Deux vaisseaux ne s'approchent pas aisément. Le bruit des vagues et le souffle des vents couvrent la voix ; il faut alors parler plus haut que la tempête ; et les porte-voix nous procurent cet avantage. Ils sont composés de cuivre ou de fer-blanc, et leur diamètre augmente en s'éloignant de l'orifice qui s'applique à la bouche. On a soin de bien articuler, et de faire une pause entre chaque syllabe.

Les vibrations de l'air intérieur sont très-fortes, parce qu'il a peu de masse, et que d'ailleurs il s'appuie sur des parois élastiques propres à transmettre le mouvement qui les agite.

C'est par la même raison que la voix d'un orateur est plus sonore dans une salle qu'en plein air. Elle devient encore plus éclatante si les murs ne sont point garnis de meubles ou de tapisseries, qui empêchent le son de se réfléchir.

L'effet d'un porte-voix augmente avec sa longueur, et l'étendue qu'on donne à son pavillon.

Chambre à secret. (Fig. 95.)

138. Il est aussi des moyens de parler à quelqu'un, sans être

entendu par ceux qui occupent l'espace intermédiaire. On établit sous le pavé d'un appartement des canaux qui s'élèvent derrière un lambris ; deux personnes assises auprès des ouvertures *A* et *D* peuvent alors converser à voix basse ; elles n'ébranlent que l'air enfermé dans ces tubes, et il faut moins de force pour exciter le frémissement de ses molécules.

On rencontre quelquefois des salles qui produisent le même effet, sans le secours de cet artifice. Les murs ont des angles profonds continués à la surface de la voûte. Il en résulte une espèce de canal où les vibrations de l'air se propagent, à peu près comme dans un tube. Une personne qui parle bas à l'un des angles, est entendue par une autre qui a l'oreille contre le mur opposé.

Cornets acoustiques. (Fig. 96.)

139. Ces instrumens sont à l'usage de ceux qui ont l'oreille un peu dure. La tige *EF* se place à l'entrée de cet organe, et l'ouverture *BC* reçoit une grande quantité de rayons sonores qui frappent le tympan avec plus d'énergie. Les parois extérieures sont revêtues d'étoffe, afin qu'elles ne transmettent pas le son au-dehors.

Des échos.

140. L'écho est un son réfléchi par des corps plus ou moins éloignés. Ce phénomène suppose des circonstances particulières qui ne sont pas bien connues. Il exige surtout que l'observateur soit à une distance convenable, et qu'il y ait une espèce de voûte capable de rassembler un certain nombre de rayons sonores qui se dirigent vers l'oreille. Un rocher, des édifices, une forêt ou des montagnes sont quelquefois disposés de manière à former un écho.

Nous ignorons quelle est la figure des molécules de l'air, mais nous savons qu'elles sont élastiques, et nous pouvons les comparer à des billes d'ivoire qui sont en contact sur une droite

AB, (Fig. 97.) Si l'on pousse la première *A* contre la seconde *C*, la dernière *F* abandonne les autres, et s'avance en *D*; quand elle rencontre un obstacle invincible *EH* perpendiculaire sur *AB*, elle réagit sur les billes qui la précèdent, et leur imprime le mouvement rétrograde qu'elle vient de recevoir, en sorte que la bille *A* se porte vers le point *I*.

Lorsque deux files *AB* et *CB* (Fig. 98) forment des angles égaux avec une surface oblique *EH*, et que la bille *A* frappe la bille *M*; le mouvement de la première suite *AB* se communique à la seconde *BC*, et l'on dit que l'angle de réflexion *CBF* est égal à celui d'incidence *ABH* (*o*).

En appliquant le résultat de ces expériences aux vibrations de l'air, il est facile d'expliquer la plupart des effets qu'un écho nous présente. Soit *A* (Fig. 99), le point où l'on parle devant un rocher qui produit un écho. Si les colonnes d'air *AB*, *AC*, *AD* sont perpendiculaires à la surface du rocher, les frémissemens de leurs molécules se réfléchiront suivant les mêmes directions, et le son viendra frapper l'oreille qui est en *A*. Mais quand les angles *ABE*, *ACF*, *ADG* sont égaux aux angles *MBH*, *MCK*, *MDL*, les rayons sonores *AB*, *AC*, *AD* impriment leur mouvement aux colonnes d'air *BM*, *CM*, et *DM*. L'écho n'existe alors que pour les personnes qui se trouvent près du point *M*. Il seroit nul, si les rayons sonores qui se dirigent vers *M*, n'étoient pas assez nombreux pour faire une impression sensible.

On ne peut distinguer les sons, à moins qu'il ne s'écoule six tierces entre chacun d'eux. C'est pourquoi, les échos ne rendent qu'un son confus, quand ils sont trop près de l'observateur; à 56 décimètres, par exemple (17 pieds). Les frémissemens de l'air n'emploient qu'une tierce pour arriver à l'obstacle (136). Ils reviennent à l'oreille après une autre tierce,

(*o*) Un angle est l'écartement de deux lignes qui se réunissent en un point.

et les sons réfléchis se confondent avec les sons directs. C'est par la même raison, que les grands appartemens et les souterrains voûtés retentissent quelquefois avec beaucoup de force, sans qu'on puisse distinguer les sons.

Il y a des échos qui répètent les sons plusieurs fois de suite. On observe ce phénomène, lorsqu'il y a différens obstacles qui sont opposés ou situés les uns derrière les autres ; mais il faut que l'intervalle qui les sépare soit au moins de 52 pieds, afin qu'il y ait six tierces de temps entre les sons qu'ils réfléchissent.

On dit qu'il y avoit autrefois sur les bords du Rhin près de Coblentz, un écho qui répétoit les mots dix-sept fois, avec des variations différentes. Adisson et d'autres voyageurs qui ont parcouru l'Italie, citent un autre écho bien plus extraordinaire, puisqu'il répète cinquante-six fois le bruit d'un coup de pistolet.

ARTICLE III.

DE L'OREILLE.

141. Elle se divise en trois parties qui sont l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne.

L'oreille externe (Fig. 100) est composée 1°. d'une espèce d'entonnoir ou pavillon *AB* qui est mobile dans les animaux; 2°. d'un canal *CD* qui porte le nom de *conduit auditif*; il est terminé par une membrane *E* qui se nomme le *tympan*, et qui est tendue lorsque nous écoutons.

L'oreille moyenne, ou la caisse du tambour, est une cavité située derrière le tympan, elle renferme quatre petits osselets qui sont le marteau, l'enclume, l'orbiculaire et l'étrier. (Fig. 101.) Le manche *A* du marteau se trouve au centre du tympan, et sa tête *B* répond au corps de l'enclume *CDE*, qui tient à l'étrier *GH* par le moyen de l'orbiculaire *F*. Ces petits os sont à peu près de même grandeur dans les enfans et les adultes.

On remarque aussi quatre ouvertures dans la caisse du tambour : 1°. la fenêtre ovale qui est fermée par la base de l'étrier ; 2°. la fenêtre ronde qui est plus petite et couverte d'une membrane très-mince ; 3°. la trompe d'Eustache, ou le canal qui pénètre au fond de la bouche ; 4°. l'entrée des cellules mastoïdiennes ou des cavités que l'on observe dans une espèce de mamelon situé vers la partie inférieure de l'os des tempes.

L'oreille interne, ou le labyrinthe (Fig. 100), est composée du limaçon *G* qui est la partie antérieure ; des canaux demi-circulaires *H*, *I* et *K* qui sont la partie postérieure ; et du vestibule *L* qui est au milieu.

Le limaçon (Fig. 102) nous présente un noyau *BC* qui a la forme d'un cône ; il est enveloppé d'un conduit osseux (Fig. 103) *EBCDI* qui fait deux tours et demi, et qui est divisé dans toute sa longueur en deux moitiés ou rampes *L* et *G* ; par une espèce de cloison *PMR* nommée *lame spirale*. Ces deux rampes communiquent entr'elles vers la partie supérieure du limaçon, et l'extrémité *B* de la seconde répond à la fenêtre ronde.

Le vestibule est une cavité parsemée d'un grand nombre de vaisseaux ; il est percé de sept ouvertures : la première est la fenêtre ovale ; une seconde appartient à la rampe *L* du limaçon, et les cinq autres se terminent aux canaux demi-circulaires (Fig. 104).

Ces canaux *A*, *B* et *C* sont au nombre de trois, ils partent du vestibule pour y rentrer ensuite. Le premier et le troisième se réunissent, de sorte qu'ils ont une extrémité commune *F*.

Le nerf auditif se répand dans les diverses parties de l'oreille, et reçoit les vibrations de l'air agité par les corps sonores.

Impression du Son.

142. La figure de l'oreille externe la rend propre à rassem-

bler une grand nombre de rayons sonores qui frappent le tympan ; les osselets, et l'air enfermé dans la caisse du tambour, partagent les frémissemens de cette membrane. La fenêtre ovale qui répond au vestibule, et la fenêtre ronde qui communique au limaçon, transmettent ces vibrations à l'air contenu dans les différentes parties du labyrinthe ou de l'oreille interne. Les rameaux du nerf auditif sont ébranlés, et nous avons l'impression du bruit ou du son, quand leur mouvement se propage jusqu'au cerveau.

La membrane qui divise le limaçon en deux espèces de canaux, est formée de fibres transversales qui ont des longueurs inégales. Si elles ne font pas le même nombre de vibrations, et que les plus courtes soient agitées par les sons aigus, tandis que les autres ne frémissent que pour les sons graves, il s'ensuit que nous distinguerons en même temps plusieurs sons différens, puisque l'impression de chacun d'eux est excitée par un filet particulier.

On expliquera de même comment il arrive qu'un sourd n'entende que les sons aigus ; ce phénomène doit avoir lieu, quand la surdité vient d'un vice dans la spirale du limaçon. L'oreille ne peut saisir les sons graves, si les fibres inférieures, qui sont les plus longues, se trouvent paralysées ; elle n'est point frappée des sons aigus, toutes les fois que le mal attaque les filets supérieurs qui sont les plus courts.

Les personnes dont l'oreille est un peu dure, ont coutume d'ouvrir la bouche en écoutant, afin que les frémissemens de l'air extérieur pénètrent dans la caisse du tambour, par le moyen de la trompe d'Eustache.

Nous n'entendons qu'un son, quoique nous ayons deux oreilles, parce que les vibrations de l'air agissent sur des fibres semblables, dans les deux nerfs auditifs.

ARTICLE IV.

DES SONS ARTICULÉS.

143. C'est le nom qu'on donne aux sons de la voix humaine. L'organe est la trachée-artère qui prend son origine vers le fond de la bouche, et qui se prolonge jusqu'aux poumons. Ce canal est composé de plusieurs anneaux cartilagineux; sa partie supérieure se nomme *larinx*; elle porte une ouverture connue sous le nom de *glotte*, qui est longue de 8 ou 10 lignes, et dont la plus grande largeur est de deux à trois. On voit sur les bords de cet orifice des ligamens appelés *cordes vocales*, et qui peuvent être plus ou moins tendus.

Il paroît que la voix est un instrument à vent et à corde. L'air qui sort de nos poumons imprime du mouvement aux cordes vocales. Elles forment des sons aigus ou graves, suivant le degré de la tension qu'elles éprouvent. Mais la colonne d'air expiré doit aussi modifier le son; il est plus grave, quand l'ouverture de la glotte est plus grande, ou lorsque les muscles du larynx augmentent la longueur de ce canal. Ainsi la force et la foiblesse de l'expiration déterminent l'intensité du son. La glotte, le larynx et les cordes vocales produisent les tons de la voix; elle s'articule ensuite par le moyen des lèvres et de la langue qui en font des paroles; mais il faut qu'elle retentisse dans la bouche et dans les narines. Les personnes qui parlent du nez, ou plutôt qui n'*en parlent pas*, ont un son de voix désagréable.

CHAPITRE VII.

ANALYSE DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE.

144. Les anciens regardoient l'air comme un des principaux alimens de tous les êtres qui respirent sur la terre; mais ils

ne connoissoient pas les différentes substances dont il est composé, ni les fonctions auxquelles il est destiné par la nature. Nous devons cette importante découverte aux physiciens modernes, et surtout au célèbre Lavoisier.

ARTICLE PREMIER.

DES PRINCIPES DE L'AIR.

145. L'air atmosphérique est formé de trois espèces de gaz. Le premier, qui se nomme *air vital* ou *gaz oxigène*, est nécessaire à la vie des animaux et à la combustion des corps : le second porte le nom de *gaz azote ;* il éteint les corps allumés, et fait périr les animaux quand il est seul : enfin le troisième est l'acide (*p*) carbonique ou l'air fixe qu'on obtient en brûlant du charbon, et qui se dégage au-dessus d'une cuve remplie de raisins qui fermentent.

Cent parties d'air atmosphérique contiennent ordinairement une ou deux parties d'acide carbonique, 72 de gaz azote, et 26 ou 27 parties d'air vital, c'est-à-dire un quart à peu près.

Première Expérience. (Fig. 80.)

146. On renferme un oiseau, par exemple, sous une cloche de verre dont les bords sont entourés d'eau, pour que l'air extérieur ne puisse y entrer. Quelque temps après, on s'aperçoit 1°. que cet animal a perdu la vie ; 2°. que l'eau s'est élevée sous la cloche pour occuper la place de l'air absorbé ; 3°. qu'il reste encore près des trois quarts de l'air intérieur ; 4°. enfin, que ce fluide éteint subitement les corps embrasés, et tue les animaux qu'on y plonge.

(*p*) Un acide est un corps dont la saveur est aigre, et qui change en rouge la couleur bleue de quelques végétaux, comme les mauves et les violettes. Le vinaigre, par exemple, est un acide.

Deuxième Expérience.

147. On couvre d'un récipient une bougie allumée qu'on établit au centre d'une capsule remplie d'eau; elle continue de brûler en s'unissant avec une portion de l'air qui l'environne, et l'eau remonte sous la cloche; mais on voit bientôt la flamme diminuer et s'éteindre, quoique l'appareil contienne encore les trois quarts de l'air employé. On observe que ce fluide ne peut servir à la combustion des corps, ni à la respiration des animaux.

Troisième Expérience. (Fig. 81.)

148. Une partie de l'air atmosphérique s'unit également avec les métaux, et devient solide en perdant une certaine quantité de calorique (*q*); il en résulte un composé qui reçoit le nom d'*oxide*.

On chauffe de l'étain ou du plomb dans une cornue *CD*, qui communique avec un récipient *AB*, dont les bords sont environnés d'eau, pour que l'air extérieur ne puisse y pénétrer. On remarque 1°. que le métal fondu perd son éclat et se couvre d'une matière pulvérulente; 2°. que l'eau remonte sous la cloche; 3°. que le poids du métal augmente d'une quantité précisément égale à celui de l'air absorbé; 4°. que l'air qui reste dans le vase, éteint les bougies allumées et fait périr les animaux.

Quatrième Expérience.

149. Après avoir mêlé de la chaux avec une quantité d'eau suffisante pour la dissoudre, on verse le tout sur un linge, et l'on recueille une liqueur transparente qui s'appelle *eau de chaux*.

Quand on l'expose au contact de l'air, elle se couvre d'une

(*q*) Le calorique ou le feu est un fluide élastique et très-subtil, qui excite en nous la sensation de chaleur.

pellicule qui n'est autre chose que de la craie, c'est-à-dire, une combinaison de l'acide carbonique avec la chaux.

Cette expérience nous atteste qu'il existe un peu d'acide carbonique dans l'air atmosphérique, et les trois premières nous démontrent qu'il tient encore deux autres fluides élastiques, savoir : l'air vital et le gaz azote. Nous examinerons leurs propriétés, après avoir décrit l'appareil avec lequel on se procure les différentes espèces de gaz.

Appareil pneumato-chimique. (Fig. 82.)

150. C'est une cuve de bois doublée de plomb ou de cuivre étamé. Elle est garnie d'une tablette *ABCD*, qui se trouve à quelques pouces au-dessous des bords du vase. On y remarque 1°. l'ouverture *F* d'un entonnoir qui est sous la planche; 2°. une échancrure *EG*, qui a 5 ou 6 pouces de longueur (16 centimètres).

On verse dans la cuve assez d'eau pour couvrir la tablette; ensuite, on y plonge une cloche *IH* qu'on remplit d'eau pendant que l'air s'en échappe. On l'établit sur l'orifice *F*, et la pression que l'air exerce sur la surface du liquide, soutient la colonne renfermée sous le récipient.

Si l'on avoit une bouteille pleine d'air vital, et qu'on voulût introduire ce fluide élastique sous la cloche, on renverseroit le flacon dans la cuve, ensuite on l'ouvriroit dans l'eau pour l'incliner, de manière que son goulot fût engagé sous l'entonnoir de la tablette; l'eau, plus lourde que l'air, se précipiteroit dans la bouteille, et le gaz oxigène s'élèveroit au sommet du vaisseau qui doit le recevoir.

On emploie du mercure dans une cuve de pierre ou de marbre, pour obtenir les gaz qui se combinent avec l'eau.

ARTICLE II.

DU GAZ AZOTE.

151. Le gaz azote est une portion de l'air atmosphérique qui fait périr les animaux, et qui éteint les corps enflammés.

Il est composé 1°. d'une substance simple qui en est la base, et qu'on nomme azote (*r*); 2°. du calorique qui la tient en état de gaz.

Pour obtenir ce fluide élastique, on renferme un peu de soufre et de limaille de fer légérement humectés, sous une cloche dont les bords sont entourés d'eau. Ce mélange absorbe l'air vital, et ne laisse que du gaz azote sous le récipient.

On peut encore se servir de soufre et de potasse, ou crever des vessies de carpes sous une cloche remplie d'eau.

Propriétés du gaz azote.

Il éteint subitement les corps embrasés, et tue les animaux.

Expérience.

On remplit de ce fluide élastique (150) deux vases que l'on couvre d'un plateau de verre, avant de les tirer hors de la cuve, pour que l'air extérieur n'y entre pas. Ensuite, on plonge dans le premier une bougie allumée, qui s'éteint, et dans le second un animal, qui est bientôt suffoqué.

Ce gaz n'est point acide et ne rougit pas les couleurs bleues végétales; il n'est pas soluble dans l'eau, c'est-à-dire, qu'il ne se combine point avec elle, ou que ce liquide ne l'absorbe pas.

Sa pesanteur spécifique est un peu moindre que celle de l'air atmosphérique. Quand on allume deux bougies inégales sous une

(*r*) L'azote est une substance simple qui produit le gaz azote, en se combinant avec le calorique. Son nom vient de l'*a* privatif des Grecs, et du mot ζωή, *vie*.

cloche remplie d'air, et dont les bords sont environnés d'eau, la plus haute est celle qui s'éteint la première.

On forme de l'air atmosphérique en mêlant une partie d'air vital avec trois autres de gaz azote.

ARTICLE III.

DE L'AIR VITAL.

152. L'air vital, ou le gaz oxigène, est une portion de l'air atmosphérique, qui entretient la vie des animaux et la combustion des corps. Il est composé 1°. de calorique; 2°. d'une substance simple qu'on appelle oxigène (*s*), et qui est la base de ce fluide étastique.

On se procure de l'air vital en chauffant du *minium* ou de l'oxide rouge de plomb, dans une cornue qui communique avec une cloche remplie d'eau. Vous réussirez également avec l'oxide de manganèse et l'oxide de mercure ou le précipité. L'oxigène s'unit au calorique et passe dans le récipient sous la forme d'un gaz.

Les feuilles des végétaux, exposées aux rayons du soleil dans une cloche pleine d'eau, fournissent aussi de l'air vital, qui s'élève à la partie supérieure du vase.

Respiration.

153. Le gaz oxigène est le seul capable de servir à la respiration des animaux, et l'air atmosphérique ne doit cette propriété qu'à l'air vital, qui en fait à peu près le quart.

(*s*) L'oxigène est une substance simple qui forme l'air vital, en se combinant avec le calorique. Son nom signifie *générateur des acides*. Il vient des mots grecs ὀξυς, *acide*, et γεινομαι, *j'engendre*. On a trouvé cette substance dans tous les acides qui ont été décomposés.

Expérience.

Quand on renferme un animal sous le récipient de la machine pneumatique, sa respiration devient laborieuse, il tombe en convulsion et succombe à l'épreuve du vide.

Sa mort a deux causes très-différentes ; la première est l'absence de l'air, et la seconde est la dilatation de l'air intérieur qui brise le tissu des vaisseaux destinés à la circulation des humeurs.

Deuxième Expérience.

On plonge, dans un vase plein de gaz azote, une souris, qui périt très-promptement.

Tous les animaux ont reçu de la nature un organe pour la respiration. Les hommes, les oiseaux et les quadrupèdes ont des poumons. Nous trouvons, dans les poissons, un petit réservoir qu'ils remplissent d'air pour le digérer au fond de leur retraite. La plupart des insectes absorbent l'air par de petites ouvertures qui sont à la surface de leur corps, et qui portent le nom de stigmates. On en remarque vingt-quatre, disposées en lignes parallèles, sur les côtés d'une sauterelle verte.

L'air qui pénètre dans nos poumons est composé d'air vital et de gaz azote. Nous rendons 1°. un peu d'air vital; 2°. du gaz azote ; 3°. de l'acide carbonique; 4°. de l'eau que ces fluides élastiques tiennent en dissolution, et qui se manifeste par une espèce de nuage, quand ils se refroidissent.

On reconnoît la présence de l'acide carbonique en soufflant avec un tube dans un verre plein d'eau de chaux. Cette liqueur se trouble, parce que l'acide carbonique fait, avec la chaux, de la craie, qui n'est pas soluble dans l'eau.

L'oxigène de l'air vital abandonne une partie de son calorique, en s'unissant avec le charbon et l'hydrogène (*t*) qui se trouvent

(*t*) L'hydrogène est une substance simple qui produit l'air inflammable en se combinant avec une certaine quantité de calorique.

dans le sang. La première combinaison forme de l'acide carbonique (145) et la seconde produit un peu d'eau (*u*). Ainsi, ce fluide élastique remplit deux fonctions très-importantes; 1°. il nous délivre d'un excès d'hydrogène et de charbon, qui nous seroit funeste; 2°. il entretient la chaleur naturelle de notre corps, en nous rendant le calorique enlevé par le contact de l'air.

Ces effets augmentent, avec le volume de nos poumons, le mouvement qui les agite, la pureté de l'air et le froid qui le condense. Les personnes dont la poitrine est large, ont le sang plus chaud que les autres. On remarque le même phénomène dans les oiseaux, parce que l'organe pulmonaire se prolonge jusqu'à leur abdomen, et dans les cavités des os. Les reptiles et les poissons, qui absorbent très-peu d'air, sont ordinairement à la température des milieux qu'ils habitent.

L'acide carbonique et le gaz azote qui sortent de nos poumons ne sont point respirables : c'est pourquoi la prudence exige qu'on ne reste pas longtemps dans un appartement fermé qui réunit un grand nombre de personnes, et de bougies allumées.

Il y a des médecins qui ont prescrit l'usage de l'air vital à des malades attaqués de la phthisie pulmonaire. Ces infortunés le respirent avec un plaisir inexprimable. Ils éprouvent une chaleur bienfaisante qui semble ranimer leurs membres languissans. Le doux espoir d'une guérison prochaine accompagne ces heureux effets. Mais l'orage, qui n'étoit calmé qu'en apparence, éclate bientôt avec plus de force. Une toux sèche et convulsive, une fièvre brûlante et de cruelles insomnies précipitent ces malheureux vers le terme de leur carrière.

On croit que ce fluide élastique seroit utile contre les asthmes

(*u*) L'eau est composée d'oxigène et d'hydrogène. L'acide carbonique est une combinaison de charbon et d'oxigène; nous verrons que le carbone ou charbon pur est un corps simple.

humides, les obstructions, les foiblesses, et dans les circonstances qui réclament une chaleur plus active, pour donner du ressort aux fibres engourdies par le froid ou la stagnation des humeurs.

Combustion.

154. La combustion est la combinaison de l'oxigène avec une autre substance. Elle s'opère ordinairement par le secours de la chaleur. Quand on élève la température d'un corps, le calorique écarte ses molécules et diminue leur attraction réciproque. Il augmente leur affinité pour l'oxigène qui s'unit avec elles. Cette base de l'air vital abandonne le calorique et la lumière qui la tiennent en état de gaz. Il en résulte de la chaleur et de la flamme, toutes les fois que ces deux fluides se dégagent en quantité suffisante.

On démontre 1°. qu'un corps ne brûle pas sans le contact de l'air; 2°. qu'il en absorbe une partie; 3°. que le gaz azote ne peut servir à la combustion; 4°. qu'elle est beaucoup plus rapide et plus éclatante dans le gaz oxigène que dans l'air commun.

Première Expérience.

Si vous remplissez de charbon un vase de terre ou de métal, et qu'après l'avoir bien fermé vous l'exposiez au milieu d'un foyer très-ardent, ce combustible n'éprouvera pas la moindre altération.

Deuxième Expérience. (Fig. 85.)

CD est une petite cornue dans laquelle on introduit un peu de phosphore, et que l'on renverse dans un vase plein de mercure. Le phosphore s'allume quand on le chauffe avec la flamme d'une bougie. Il se combine à l'oxigène, et la pression de l'air extérieur force le mercure à monter dans la cornue pour occuper la place du gaz, qui est absorbé.

Troisième Expérience.

Une bougie s'éteint sur le champ, lorsqu'on la porte dans un vase rempli de gaz azote.

Quatrième Expérience. (Fig. 84.)

On plonge, dans un vaisseau plein d'air vital, un petit fil de fer tourné en spirale et terminé par un morceau d'amadou qui est allumé.

Ce métal brûle avec une rapidité surprenante, et lance des étincelles semblables aux aigrettes des feux d'artifice.

Une chandelle qu'on vient d'éteindre se rallume dans l'air vital, et produit une lumière très-éclatante. On ne connoit point de feu plus actif que celui qui est excité par ce gaz; il fond la plupart des minéraux qui résistent au foyer des miroirs ardens.

Oxidation.

155. Les oxides sont des substances combinées avec l'oxigène, et qui n'en tiennent point assez pour être acides.

La plupart des métaux s'unissent à l'oxigène quand on les chauffe avec le concours de l'air. Ils augmentent de poids et se couvrent d'une espèce de poussière en perdant leur éclat ordinaire. La base de l'air vital abandonne une partie de son calorique, et devient solide en se combinant avec le métal.

Quand on chauffe de l'étain ou du plomb dans une cornue qui communique avec une cloche dont les bords sont environnés d'eau, les phénomènes varient suivant les circonstances qui accompagnent cette opération.

1°. Le métal conserve son poids et son éclat, si l'on a supprimé l'air intérieur de la cloche; 2°. l'effet est le même quand elle est remplie de gaz azote; 3°. le métal s'oxide par le contact de l'air atmosphérique, mais l'opération cesse dès que ce réci-

pient ne contient plus que du gaz azote ; 4°. l'expérience réussit beaucoup mieux quand la cloche ne renferme que de l'air vital ; 5°. on peut absorber tout ce fluide élastique ; 6°. l'augmentation de poids est précisément égale à celui du gaz oxigène enlevé par les métaux ; 7°. enfin, on recueille ce fluide aériforme en chauffant l'oxide, qui reprend son poids et son éclat primitifs.

La couleur des oxides change avec la nature des métaux et la quantité d'oxigène qui se combine avec eux. Le fer, par exemple, devient bleu, puis noir, ensuite jaune et rouge : il reçoit depuis 15, jusqu'à 30 ou 40 parties d'oxigène par cent.

Réduction des métaux.

156. On dit qu'un métal est réduit, lorsqu'il est privé de l'oxigène qui lui étoit uni. Vous y parviendrez en le chauffant, avec de l'huile ou du charbon, dans un vaisseau fermé. La base de l'air vital se combine avec le charbon, qui a plus d'affinité pour elle que n'en a le métal. Il y a même des métaux, comme le mercure, le manganèse et le plomb, qui n'exigent que du calorique pour céder leur oxigène.

LIVRE II.

DU CALORIQUE.

157. Le calorique ou le feu est un fluide élastique et très-subtil qui nous procure la sensation de chaleur. Elle peut être l'effet du mouvement qui agite les molécules des corps ; mais il est plus naturel de l'attribuer à l'action d'un fluide particulier qui a plus ou moins d'affinité pour les différentes substances, et dont la pesanteur ne se manifeste par aucun phénomène.

C'est lui qui nous protége contre les rigueurs de l'hiver, qui sert à préparer nos alimens, à durcir l'argile, à vitrifier les cailloux, à pétrir le fer, à donner aux productions de la nature toutes les formes que les besoins de la société réclament.

On dit que le calorique est libre, quand il agit sur nos sens, ou sur les instrumens destinés à mesurer la chaleur; il est combiné lorsqu'il s'unit aux molécules des corps et qu'il cesse d'exciter la sensation de chaleur, ou de faire monter le thermomètre. C'est le phlogistique auquel Sthaal et ses disciples ont attribué tant de propriétés imaginaires.

CHAPITRE PREMIER.

DES MOYENS D'ÉCHAUFFER LES CORPS.

158. Il y a généralement trois moyens de communiquer la chaleur : le premier est le contact d'un corps chaud, qui transmet une partie de son calorique libre : c'est ainsi que le fer devient rouge au milieu des charbons allumés.

Le second est le choc ou le frottement qui exprime le calorique intérieur des corps : c'est pourquoi les scies et les vrilles s'échauffent sous la main de l'ouvrier qui en fait usage.

Le troisième est la combinaison qui produit souvent de la chaleur, comme il arrive quand l'eau s'unit à la chaux vive.

CHAPITRE II.

PREMIER EFFET DU CALORIQUE.

Le calorique augmente le volume des corps et diminue leur pesanteur spécifique.

Dilatation des Gaz.

159. Si vous chauffez une vessie pleine d'air, le calorique écartera les molécules de ce fluide élastique, avec une force capable de briser l'enveloppe qui s'oppose à son expansion.

Les citoyens Mongolfier profitèrent de cette observation pour former leur premier ballon, en 1782. Ils construisirent, avec de la toile et du papier, une espèce de sphère qui étoit percée d'une ouverture inférieure. On y suspendit un réchaud dans lequel on brûloit de la paille avec de la laine. Une partie de l'air intérieur, dilaté par le calorique, sortit de l'aérostat, et ce corps s'éleva dans l'atmosphère, à 400 mètres de hauteur (205 toises), parce qu'il pesoit alors moins qu'un pareil volume du fluide environnant.

160. C'est aussi d'après ce principe qu'on introduit une liqueur dans un vaisseau dont l'ouverture est très-étroite. On le chauffe, pour chasser une portion de l'air qui s'y trouve, ensuite, on plonge l'orifice dans cette liqueur, et le poids de l'air extérieur la pousse dans le vase, à mesure que l'air intérieur se condense par le refroidissement.

161. On assure que la chaleur augmente le volume de l'air d'environ un deux cent quinzième, pour chaque degré du thermomètre, quand la température n'est pas éloignée de 10 degrés. Mais cet accroissement n'est pas encore bien déterminé. L'expérience nous atteste qu'il devient plus grand à mesure que l'air s'échauffe, et lorsqu'il est humide.

162. La chaleur agit également sur le ressort de l'air qui est retenu par des obstacles, et cette augmentation varie suivant le poids dont il est chargé.

Première Expérience. (Fig. 105.)

ABC est un tube de verre terminé par une boule, et dont la partie *BA* n'a qu'un très-petit diamètre. On y fait couler du

mercure, qui s'élève dans les deux branches, jusqu'à la droite *GF*. L'air de la boule est de même densité que l'air extérieur, et son ressort fait équilibre à la pression de l'atmosphère, égale au poids d'une colonne de mercure qui auroit 76 centimètres de hauteur (28 pouces).

Quand on porte la boule dans l'eau bouillante, le mercure monte jusqu'en *H*, à 25 centimètres $\frac{1}{3}$ (9 pouces 4 lignes) au-dessus de *GF*. L'air enfermé dans ce globe, soutient le poids de la colonne *FH*, avec celui de l'air extérieur. Ainsi, la chaleur augmente le ressort d'une masse d'air qui n'a pas la faculté de s'étendre librement.

Deuxième Expérience.

Dès que l'appareil est refroidi, et que le mercure a repris son premier volume, on en verse dans le tube, jusquau point *I* qui est à 76 centimètres (28 pouces) au-dessus de *GF*. L'air de la boule est alors 2 fois plus comprimé qu'il n'étoit auparavant. Mais, lorsqu'on la plonge dans l'eau bouillante, le mercure s'élève de 50 centimètres $\frac{2}{3}$ (18 pouces 8 lignes), ou 2 fois plus que dans la première expérience. Il est donc évident que le ressort de l'air s'accroît, par la chaleur, à raison de sa densité ou des poids qui le pressent.

163. Vous concevez que l'air d'une chambre échauffée par un poêle doit résister à la pression de l'atmosphère, quoiqu'il soit raréfié : la chaleur qui diminue sa densité augmente son ressort, et ce dernier effet compense le premier. On remarque le contraire quand on allume du feu sous une cheminée ; l'air environnant se dilate, sans acquérir un nouveau degré de ressort, parce qu'il peut s'étendre aisément ; il a moins de pesanteur spécifique, et gagne le haut de l'appartement, ou s'élève dans le tuyau de la cheminée, pendant qu'une masse d'air plus dense vient occuper sa place.

Dilatation des Liquides. (Fig. 106.)

164. Plongez dans l'eau chaude une boule de verre mince, surmontée d'un tube et remplie d'esprit-de-vin coloré. Le calorique écartera les molécules de cette liqueur, et vous la verrez monter au sommet du tube. L'eau, le mercure et tous les autres liquides vous offriront le même phénomène.

Dilatation des Solides.

165. Lorsqu'on chauffe un cylindre de fer qui remplit exactement une ouverture creusée dans une lame de cuivre, il ne peut y rentrer avant d'avoir été refroidi.

Il est vrai que le calorique diminue le volume de l'argile et de quelques autres substances ; mais il produit alors deux effets différens : 1°. il écarte les parties de ces corps ; 2°. il vaporise l'eau dont ils étoient imbibés, et qui empêchoit leurs molécules de se rapprocher. Ainsi, tous les corps sont plus ou moins dilatés par le calorique, suivant leur nature. C'est pourquoi les chimistes ont soin de laisser du jeu aux grilles de leurs fourneaux, et de ne pas trop serrer les vaisseaux luttés ensemble, afin d'éviter les fractures et les inconvéniens qui les accompagnent.

CHAPITRE III.

SECOND EFFET DU CALORIQUE.

166. Le calorique fait passer les corps de l'état solide à celui de liqueur et de fluide élastique.

La glace devient liquide lorsqu'on la chauffe, parce que le

calorique écarte ses molécules, qui sont trop éloignées pour exercer leur attraction réciproque. Elles sont retenues par la pression de l'atmosphère, et vous en formerez un gaz ou des vapeurs, si vous leur appliquez une chaleur capable de vaincre cet osbtacle.

Cependant, il y a des substances, comme la chaux et le cristal de roche, qui résistent au feu le plus violent, et qui sont infusibles tant qu'elles restent seules; mais il est certain qu'elles subiroient la loi commune, si nous pouvions les établir au milieu d'un foyer plus actif.

167. Un solide qui passe à l'état de liqueur ou de fluide élastique, absorbe une certaine quantité de calorique qui n'est plus sensible.

Quand on verse une livre d'eau chaude à 60 degrés, sur une livre de glace à zéro du thermomètre, on a deux livres d'eau qui sont à zéro. Tout le calorique nécessaire pour élever une livre d'eau à 60 degrés, s'unit avec la glace et ne manifeste sa présence par aucun signe. Ainsi, la glace qui devient liquide, ne change pas de température, avant qu'elle soit entièrement fondue.

Nous éprouvons une sensation de fraîcheur en sortant du bain, parce que l'eau qui s'attache à la surface de notre corps nous enlève du calorique, pour se combiner avec l'air environnant. C'est pourquoi les personnes couvertes de sueur sont bientôt saisies de froid, lorsqu'elles demeurent immobiles.

On sait aussi que le thermomètre baisse avec rapidité quand la boule est enveloppée de coton imbibé d'esprit-de-vin, et qu'on rafraîchit une bouteille de vin en l'exposant à l'air, après l'avoir couverte d'un linge trempé dans l'eau.

168. Les corps n'exigent pas la même quantité de calorique, pour devenir liquides ou fluides aériformes : elle dépend de l'attraction qui règne entre leurs molécules, et de la pression de l'atmosphère.

L'or et l'argent ne se fondent pas aussi facilement que l'étain

ou le plomb. L'eau chargée de sel, demande une chaleur de 85 degrés pour se réduire en vapeurs ; mais on voit bouillir celle qui est pure ; à 80 degrés, l'esprit-de-vin à 67 et l'éther à 33.

169. L'eau tiède et l'éther (*x*) passent à l'état de gaz sans augmentation de chaleur, quand on supprime le poids de l'air qui les presse.

Expérience.

On remplit d'éther, ou d'eau chaude à 60 degrés, un vase de verre qu'on établit sous le récipient de la machine pneumatique, avec un thermomètre. Ce liquide commence à bouillir dès qu'on a donné quelques coups de piston ; la partie qui se réduit en vapeurs absorbe le calorique des corps environnans, et le mercure s'abaisse dans le thermomètre.

Bouilloire de Franklin. (Fig. 107.)

170. Cet appareil est un tube de verre *AB*, terminé par deux boules que l'on a purgées d'air et qui sont à moitié remplies d'esprit-de-vin.

Quand on saisit l'une des ampoules, on voit ce liquide passer dans l'autre en bouillonnant ; la chaleur de la main suffit pour former des vapeurs qui poussent l'esprit-de-vin dans la boule dont la température n'a pas changé.

171. Les molécules des corps obéissent à trois forces différentes, qui sont : leur attraction réciproque, la pression de l'atmosphère et la force répulsive du calorique. Un corps est solide quand les deux premières l'emportent sur la troisième ; il devient liquide si la dernière fait équilibre aux deux autres ; enfin, il passe à l'état de fluide aériforme toutes les fois qu'elle est victorieuse.

(*x*) L'éther est une liqueur inflammable et très-volatile, que l'on prépare en chauffant de l'esprit-de-vin avec un acide.

L'expérience nous atteste qu'un solide contient moins de calorique combiné, que dans l'état de liqueur, et moins encore dans ce dernier état, que dans celui de fluide élastique. La glace qui s'unit au calorique pour se fondre, en absorbe davantage pour se convertir en vapeurs.

172. Une liqueur ne s'échauffe plus quand elle a commencé de bouillir, et la chaleur de l'eau qui bout dans un vase ouvert, n'excède pas 80 degrés du thermomètre, parce qu'une portion du liquide se réduit en vapeurs et s'empare du calorique à mesure qu'il pénètre la masse du fluide.

Les vapeurs qui se forment vers le fond du vase, ou près des parois exposées au feu, produisent l'ébullition du liquide, en soulevant les parties supérieures. C'est pourquoi les métaux qui ne se vaporisent qu'à leur surface, ne peuvent bouillir, à moins qu'on n'y enfonce une matière capable de passer à l'état de fluide élastique.

CHAPITRE IV.

DES THERMOMÈTRES.

On appelle ainsi les instrumens destinés à mesurer la chaleur des corps. Les principaux sont le thermomètre de Drebbel, celui de Réaumur, le pyromètre de Wedgwood, et celui de Nollet.

Thermomètre de Drebbel. (Fig. 108.)

173. Il est composé d'un tube AB surmonté d'une boule, et plongé dans un vase plein d'esprit-de-vin coloré. La chaleur de la main qu'on applique en E, fait sortir une partie de l'air intérieur. Le reste se condense par le refroidissement, et la pression de l'air extérieur force le liquide à monter jusqu'au point C, par exemple. Il ne reste plus qu'à diviser le tube en un certain nombre de parties égales.

L'esprit-de-vin descend toutes les fois que l'air de la boule est dilaté par la chaleur de l'atmosphère. Il remonte, quand le froid diminue le volume de l'air enfermé dans ce globe de verre.

Ce thermomètre est très-sensible, et facile à construire; mais la division de l'échelle est arbitraire, et le poids de l'air extérieur influe sur la hauteur du liquide, aussi bien que les variations de l'air contenu dans la boule.

Thermomètre de Réaumur. (Fig. 109.)

174. Quand on veut se procurer un thermomètre de cette espèce, on choisit un tube de verre qui ait partout le même diamètre, et qui soit terminé par une boule ou par un cylindre. Ensuite on chauffe la boule, afin de chasser une portion de l'air intérieur, et l'on y fait passer du mercure jusqu'au tiers du tube (160).

Il s'agit de trouver deux limites invariables. Le froid de la glace qui commence à se fondre (166), et la température de l'eau bouillante nous les fournissent. Mais il faut avoir égard à la pureté du liquide et à la pression de l'atmosphère (168). C'est pourquoi, l'on emploie de l'eau distillée, et l'on opère dans un temps où le baromètre est à 76 centimètres (28 pouces).

On porte l'instrument dans un vase plein de glace ou de neige; elle absorbe une partie du calorique qui écarte les molécules du mercure, et ce liquide baisse vers un point que l'on marque avec un fil. On le plonge ensuite dans l'eau bouillante, et le mercure dilaté par la chaleur, monte vers un autre point.

Après avoir expulsé l'air, en tournant la boule au-dessus des charbons allumés, on a soin de fermer le tube exactement, et de l'établir sur une planche. On divise en 80 ou 100 parties égales, tout l'espace compris entre le froid de la glace et la chaleur de l'eau bouillante. Le premier terme est désigné par zéro, et le second par 80 ou par 100.

Il y a des thermomètres que l'on remplit avec de l'esprit-de-

vin coloré par l'orseille (*y*); mais le mercure se raréfie d'une manière plus uniforme, et d'ailleurs il est toujours de même nature lorsqu'il est bien purifié.

Ces liqueurs s'élèvent dans le tube, quand elles sont dilatées par la chaleur de l'air ou d'un autre corps : elles s'abaissent toutes les fois que l'air plus froid leur enlève du calorique, et diminue leur volume. Ainsi, le thermomètre nous indique la température des corps, mais il ne peut nous éclairer sur la quantité du calorique libre qui la produit.

La boule et le tube sont aussi raréfiés par la chaleur qui augmente leur capacité, de manière que le mercure n'a pas toute la hauteur qu'il devroit avoir. Il seroit difficile de remédier à cet inconvénient, parce que la chaleur et le froid n'agissent pas également sur les différentes espèces de verres.

Les Allemands font usage d'un thermomètre qui porte le nom de Fareinheit. Il est semblable à celui de Réaumur; mais le froid de la glace est indiqué par 32; la chaleur de l'eau bouillante, par 212; et l'intervalle qui sépare ces deux points fixes est divisé en 180 parties égales.

Il faut distinguer le *zéro réel* du zéro des thermomètres.

Le premier est le point où descendroit le mercure, si le contact de ses parties étoit aussi parfait qu'il peut l'être. Ce degré n'est pas connu, puisque du mercure gelé n'est point encore dans les circonstances requises.

On sait que le zéro des thermomètres est le point où le mercure s'arrête, quand on plonge ces instrumens dans la glace qui commence à se fondre.

La *température réelle* d'un corps est le nombre de degrés qu'il feroit parcourir au mercure, depuis le zéro réel.

(*y*) L'orseille est une pâte d'un rouge-violet qu'on prépare en faisant macérer des mousses ou des lichens dans la chaux ou l'urine.

Sa température apparente est le nombre des degrés qu'il fait parcourir au mercure depuis le zéro de la glace fondante.

Quand un corps fait monter ce liquide à 10 degrés, et qu'un autre le porte à 20 degrés, on peut dire que la température apparente du second est deux fois plus élevée que celle du premier. Mais il n'en est pas ainsi de la température réelle. (Fig. 109.)

En effet, soit *A* le zéro réel, *B* celui de la glace, *C* la hauteur du mercure pour le premier corps, et *D* celle qui a lieu pour le second.

BD sera double de *BC;* mais *AD* ne sera pas deux fois plus grand que *AC.*

Pyromètre de Wedgwood. (Fig. 110.)

175. Cet instrument sert à mesurer une chaleur forte qui briseroit les thermomètres ordinaires.

Il est composé d'une plaque de métal, sur laquelle on établit deux lames de cuivre, divisées en 240 parties égales, dont chacune représente environ 2 millimètres (une ligne). Ces deux règles sont écartées de 13 millimètres (6 lignes) à l'une des extrémités, et de 9 millimètres (4 lignes) à l'autre.

On prépare, avec une argile fine, de petits cylindres qui s'adaptent au zéro de l'échelle, quand ils sont bien secs. Cette matière se contracte au feu, suivant les degrés de chaleur qu'on lui applique; c'est pourquoi l'on expose une de ces pièces dans le foyer dont on veut déterminer l'activité. On la retire, et lorsqu'elle est refroidie, on la présente sur la plaque entre les deux lames, afin de juger du retrait qu'elle vient d'éprouver.

Pyromètre de Nollet. (Fig. 111.)

176. On emploie cet instrument pour mesurer la dilatation des métaux par le calorique.

Vous y remarquerez : 1°. une lampe *AB* garnie de plusieurs mèches; 2°. des leviers renfermés dans une boîte *EF,* et destinés

à mouvoir une aiguille sur un cadran *CD* qui est divisé en 200 parties égales; 3°. une espèce de colonne verticale *GH*; 4°. un petit écrou *P* qui répond au premier levier *IK*.

On établit au-dessus des mèches allumées un petit cylindre de fer, dont une extrémité s'appuie contre le support *GH* par le moyen d'une vis de pression, tandis que l'autre s'ajuste en *P*.

La chaleur alonge la tige de métal qui pousse l'extrémité du levier *IK*, et l'aiguille se meut autour du cadran *CD*.

En répétant l'expérience avec d'autres cylindres parfaitement égaux, et que l'on chauffe pendant le même temps, on estime la dilatation des métaux par les degrés que l'aiguille décrit pour chacun d'eux. On a trouvé, de cette manière, que la raréfaction du cuivre jaune est à celle de l'acier, comme 121 est à 74.

Application au Pendule. (Fig. 112.)

177. Un pendule est un corps *A* suspendu par un fil ou par une verge, et qui décrit des arcs plus ou moins grands autour d'un point *B*. Le centre de gravité (*z*) du corps *A* se nomme centre d'oscillation.

On observe que les vibrations sont plus lentes quand le centre d'oscillation est plus éloigné du point de suspension; mais le froid diminue la verge d'un pendule, et la chaleur ajoute à sa longueur. Il n'est donc pas étonnant que les horloges avancent ou retardent suivant la température de l'air.

Pour éviter cet inconvénient, l'on fait usage d'une verge composée de plusieurs pièces qui sont le ressort de suspension *AB* (Fig. 113); un chassis d'acier *CDEF*, et une lame de métal *GH* qui réunit deux tiges de cuivre *IK*, *LM*, solidement

(*z*) Le centre de gravité d'un corps est le point qu'il faudroit soutenir pour que le corps fût en repos, ou pour que ses parties se fissent équilibre.

établies sur *ED*. La verge *ON* est fixée en *O* par le moyen d'une goupille, tandis qu'elle se meut librement dans une ouverture pratiquée vers le milieu de *ED*.

Quand la chaleur augmente la longueur de cet assemblage, et que le centre *P* de la lentille s'éloigne du point de suspension *A*, les deux tiges de cuivre *IK*, *LM*, s'alongent plus que les autres qui sont d'acier ; et comme elles ne peuvent s'étendre vers le bas, elles font remonter la traverse *GH* et la lentille, de manière que le centre d'oscillation est toujours à la même distance du point *A*.

CHAPITRE V.

DE LA MANIÈRE DONT LE CALORIQUE SE PROPAGE.

178. Le calorique pénètre les différentes substances, et tend à se mettre en équilibre. Si nous touchons une matière froide, il passe de notre main dans ce corps, et nous éprouvons la sensation de fraîcheur ou de froid. Un corps plus chaud nous fournit du calorique, et nous procure une impression de chaleur.

Tous les corps ne sont pas également perméables à ce fluide élastique ; les métaux et les corps humides s'échauffent et se refroidissent promptement, tandis que le charbon, le verre et l'argile sont de *mauvais conducteurs* qui résistent plus ou moins au passage du calorique.

Quand on cherche à concentrer la chaleur sur le fond d'un vase, il faut user d'un fourneau construit avec de la brique, ou mieux encore avec un mélange de charbon et d'argile soutenu par des lames de tôle. Mais, si l'on veut échauffer un appartement, il est à propos d'employer un poêle de fonte qui transmet aisément le calorique.

La laine et la soie forment des vêtemens utiles en hiver, parce

qu'elles retiennent la chaleur de notre corps, plus fortement que les toiles de chanvre et de lin.

Le calorique se répand d'une manière uniforme dans les corps de même nature, et qui ne changent point d'état; si vous mêlez un décimètre cube d'eau chaude à 20 degrés, avec un autre à 50, la température du liquide sera de 35 degrés; ainsi, vous la trouverez en divisant la somme des degrés de chaleur par le volume total.

Il est aisé de s'assurer que le calorique ne se distribue pas uniformément dans les corps hétérogènes, et qu'ils ne contiennent pas la même quantité de ce fluide, lorsqu'ils ont une température commune.

Expérience.

On réunit un demi-kilogramme (une livre) d'eau qui est à 34 degrés, avec un autre de mercure à zéro, et le mélange est à 33 degrés.

La température du métal est augmentée de 33 degrés, quoiqu'il n'ait reçu que le calorique nécessaire pour élever d'un degré celle de l'eau.

Calorique spécifique.

179. Le calorique spécifique des corps est celui qu'ils exigent pour acquérir une température d'un certain nombre de degrés. On le compare au calorique spécique de l'eau pure ou distillée. Nous devons aux citoyens Laplace et Lavoisier un instrument qui sert à déterminer le rapport de ces quantités, et qui porte le nom de calorimètre. Son usage est fondé sur deux expériences bien connues des physiciens :

1°. Un corps chaud qui est environné de glace à zéro du thermomètre, lui transmet du calorique jusqu'à ce que sa température soit aussi réduite à zéro.

2°. La glace prête à se fondre ne change pas de température.

parce que le calorique libre se combine avec la portion qui devient liquide.

Calorimètre (Fig. 114.)

180. Cet appareil est composé de trois cavités. La première *ABC* surmontée d'un couvercle, est un grillage de fer qui reçoit les corps dont on veut mesurer le calorique spécifique.

La seconde *EGFD* renferme de la glace pilée qui est à zéro du thermomètre, et qui s'écoule dans un vase par le moyen du robinet *FH*, à mesure qu'elle est fondue par le calorique du corps mis en expérience.

La troisième *KLMN* se remplit aussi de glace, pour empêcher que la chaleur de l'air extérieur ne pénètre dans les deux autres cavités. L'eau qui en sort est conduite par un tube *OP*, qui ne lui permet pas de se mêler avec celle de la capacité moyenne.

Expérience.

181. On établit, dans la sphère intérieure *ABC*, un demi-kilogramme (une livre) de limaille de fer, à 60 degrés du thermomètre. Quand la température du métal est réduite à zéro, il a perdu tout le calorique nécessaire pour l'élever à 60 degrés, et l'on recueille environ 62 grammes d'eau (2 onces) par le robinet *FH*; mais le poids de la glace fondue par une livre d'eau chaude à 60 degrés est de 489 grammes ou 16 onces (167). Ce liquide contient donc 8 fois plus de calorique que le fer, lorsqu'ils ont même température, et son calorique spécifique est à celui du métal comme 8 est à 1.

Puisque l'eau demande une plus grande quantité de calorique pour arriver à la même température, il s'ensuit qu'elle a plus d'affinité pour ce fluide élastique. On indique ce phénomène, en disant qu'elle a plus de *capacité pour le calorique*.

CHAPITRE VI.

INSTRUMENS DES CHIMISTES.

Les principaux instrumens qui servent à traiter les corps par le feu, sont : les cornues, les creusets, les coupelles, les moufles, les alambics et les fourneaux.

Cornues. (Fig. 83.)

182. Les cornues sont de verre, de grès ou de métal; elles ont la forme d'un œuf, terminé par un long tube qui porte le nom de *bec*. On appelle cornues tubulées celles qui ont une ouverture *A*, fermée d'un bouchon de cristal; elles résistent bien à l'impression du feu, quand elles sont revêtues d'une enveloppe faite avec de la terre grasse et de la fiente de cheval encore fraîche, que l'on pétrit ensemble.

Les cornues de terre ou de métal se placent au milieu des charbons allumés, et les autres s'établissent au centre d'un vase plein de sable.

Creusets. (Fig. 115.)

Les creusets sont des vases de terre qui ont presque toujours la forme d'un cône renversé. Ils doivent résister au feu le plus violent. C'est pourquoi l'on préfère ceux qu'on fait avec l'argile pure, ou la terre à porcelaine de Limoges. Il en vient aussi d'assez bons de Hesse et de Hollande.

Coupelles.

183. Les coupelles sont de petits creusets qui ont la figure d'une coupe. On les fabrique avec des os calcinés et pétris dans l'eau.

Mouffles. (Fig. 116.)

184. Les moufles sont des espèces de creusets qui ont deux faces, l'une plane et l'autre convexe. Nous verrons qu'on les établit au milieu d'un fourneau dans une position horizontale, afin d'y introduire une coupelle.

Alambics. (Fig. 117.)

185. Les alambics sont de verre ou de cuivre étamé. C'est avec ces appareils que l'on distille un corps, ou que l'on en retire les substances qui peuvent se réduire en vapeurs.

On y remarque, 1°. un vase inférieur *A*, nommé cucurbite; 2°. un couvercle ou chapiteau *B* qui porte une espèce de gouttière vers son bord inférieur; 3°. un réfrigérant *EF* dans lequel on entretient de l'eau fraîche, afin de refroidir le chapiteau.

Quand on chauffe de l'eau, par exemple, dans la cucurbite, cette liqueur passe à l'état de fluide élastique; elle remplit toute la partie supérieure de l'instrument, et les vapeurs condensées par les parois du chapiteau, s'écoulent dans la gouttière qui les conduit au canal *IK*.

Le vase inférieur est moins élevé que large, et l'ouverture du chapiteau doit être de même diamètre, afin que l'ascension des vapeurs n'éprouve aucun obstacle.

Fourneau d'évaporation. (Fig. 118.)

186. Ce fourneau est divisé par une grille *AB* en deux parties qui sont le foyer *CABD*, et le cendrier *EABF*. La première est percée d'une ouverture latérale *G*, par où l'on introduit le charbon, et la seconde en porte une autre *H*, pour donner passage à l'air extérieur.

Fourneau de réverbère. (Fig. 119.)

187. Il est composé : 1°. d'un cendrier *ABCD* qui laisse

entrer l'air par une ouverture *E*; 2°. du foyer *FADG* séparé du cendrier par une grille *AD*; 3°. du laboratoire *HFGK* où l'on place une cornue *IL* sur deux barres de fer; 4°. d'une portion de sphère *OMN* qui se nomme le dôme, et qu'on applique à volonté sur les autres pièces; 5°. d'un tuyau *PR* qui sert de cheminée.

Le dôme réfléchit la chaleur et la flamme sur la cornue qui se trouve échauffée de toutes parts. Il faut que les ouvertures du cendrier et du tuyau soient grandes, afin de faire passer beaucoup d'air au milieu des charbons allumés.

Fourneau de Coupelle. (Fig. 120.)

188. Il a, comme le précédent, un cendrier *A* percé de plusieurs ouvertures, un foyer *B*, un laboratoire *C*, et un dôme *E* surmonté d'un tube *F*.

On établit dans le laboratoire *C* une moufle qui est appuyée sur des barres de fer, et qu'on environne de charbon, par le moyen des orifices *H* et *G* du dôme et du foyer. C'est dans cette espèce de four qu'on chauffe les coupelles qui servent à séparer l'or et l'argent des métaux oxidables.

Des Luts.

189. Un lut est une matière qui empêche les vapeurs de sortir par les jointures des vaisseaux.

Après avoir passé au tamis de l'argile très-sèche, on la pile à coups redoublés dans un mortier de fer, en l'arrosant avec de l'huile de noix ou de lin, cuite. Il en résulte une pâte qui n'adhère point aux mains, et que l'on applique sur les jointures des appareils; ensuite, on la contient par une vessie mouillée que l'on serre avec du gros fil.

Si la forme des vaisseaux ne permet pas de faire des ligatures,

on emploie du linge couvert de chaux délayée dans un blanc d'œuf.

On prépare l'huile de noix ou de lin, en faisant bouillir dix parties de ce liquide avec une partie de litharge, qui est un oxide de plomb vitrifié.

LIVRE III.

DE L'EAU.

L'EAU est une liqueur transparente, inodore et sans couleur. Elle acquiert une saveur fraiche et vive, quand elle absorbe de l'air. Nous la trouvons sous la forme d'un solide, d'un liquide, ou d'un gaz.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA GLACE.

190. LA glace est une masse d'eau privée du calorique qui entretenoit la mobilité de ses parties.

Cette liqueur devient solide à zéro du thermomètre, et nous présente ordinairement des cristaux en aiguilles qui forment des angles de 60 ou 120 degrés. Cependant elle conserve quelquefois sa fluidité, quoique sa température soit à 6 ou 7 degrés au-dessous de zéro; mais une légère agitation suffit pour la faire passer à l'état de glace, en favorisant l'éruption du calorique.

La glace a moins de pesanteur spécifique, et plus de volume que l'eau qui l'a produite. On attribue ce phénomène 1°. à l'air

que l'eau tenoit en dissolution, et qui reprend son état de fluide élastique; 2°. à la disposition des cristaux séparés par de petits intervalles.

Cette augmentation de volume donne à la glace une force étonnante : on sait qu'elle brise les vases de terre et de métal; qu'elle fait crever les canaux des fontaines, et qu'elle fend les arbres ou les pierres.

Elle est très-dure, et même élastique; on la taille comme des pierres dans les régions septentrionales. En 1740, on éleva près de Pétersbourg, un palais de glace qui avoit 162 décimètres ou 50 pieds de longueur, et 65 décimètres ou 20 pieds de hauteur : il étoit gardé par six canons de cette matière, qui lançoient des boulets à 60 pas.

191. La température de la glace s'abaisse, quand on la plonge dans une atmosphère plus froide, on qu'on la mêle avec du sel marin. On emploie ce dernier moyen pour avoir des glaces pendant les chaleurs de l'été.

Elle se fond à quelques degrés au-dessus de zéro, et l'air environnant se refroidit, parce qu'il fournit du calorique qui se combine avec la glace, pour la rendre liquide.

Lorsqu'on chauffe de la neige ou de la glace pilée dans un vase ouvert, le thermomètre y monte à zéro; mais, si l'on a soin d'agiter l'eau qui en résulte, elle conserve sa température jusqu'à ce que la glace soit entiérement fondue. La partie qui reste solide absorbe toute la chaleur que le vase transmet au liquide.

192. On doit faire dégeler bien lentement tous les corps organisés qui sont attaqués par le froid. Il faut les porter dans la neige ou dans l'eau froide, avant de les mettre en contact avec de l'eau tiède. Si vous les chauffez brusquement, les parties n'auront pas le temps de reprendre la position qui leur appartient, et les fluides seront formés avant qu'ils puissent rentrer dans les vaisseaux que la nature leur a destinés.

CHAPITRE II.

DE L'EAU A L'ÉTAT LIQUIDE.

193. Cette liqueur avoit toujours été regardée comme un corps simple ; mais il est bien démontré que 100 parties d'eau contiennent environ 85 parties d'oxigène, et 15 d'hydrogène (*a*). Les premiers pas qu'on a faits pour découvrir cette vérité, remontent à l'année 1776. Macquer, exposant une soucoupe à la flamme du gaz hydrogène, observa des gouttes d'eau sur les parois du vase. En 1783, Cavendish obtint à Londres une quantité d'eau très-sensible, en brûlant de l'air inflammable avec du gaz oxigène. Lavoisier fit alors, avec Laplace et Meusnier, des expériences dont la précision ne laissoit aucun doute. Monge eut ensuite le même succès à Mézières : il fut imité par Fourcroy, Vauquelin et Lefèvre de Gineau. Ce dernier, qui avoit employé 107,339 centigrammes, ou 2 livres 3 onces 64 grains d'air inflammable et de gaz oxigène, trouva dans son appareil 107,174 centigrammes, ou 2 livres 3 onces 33 grains d'eau.

On ne peut réunir dans un cours les circonstances nécessaires pour opérer cette combinaison avec tout le soin qu'elle exige ; mais il est facile de répéter l'expérience avec une exactitude suffisante pour entraîner la conviction des spectateurs.

ARTICLE PREMIER.

Composition de l'Eau. (Fig. 121.)

194. On purge d'air un ballon de 15 à 20 pintes, qui est fermé

(*a*) L'oxigène est la base de l'air vital, et l'hydrogène est celle de l'air inflammable. La base d'un fluide élastique est la substance qui forme ce gaz, en se combinant avec le calorique.

d'une plaque de métal *AB*. Elle est garnie : 1°. d'un excitateur *CD* mastiqué dans un tube de verre *EF*; 2°. d'un tuyau de cuivre *GH*, armé d'un robinet *K*, et sur lequel on visse un tube qui communique avec une vessie pleine d'air vital.

Quand le ballon est rempli de ce fluide élastique, on y fait passer un courant d'air inflammable, par le moyen d'une autre vessie. On allume ce gaz avec une étincelle électrique qui parcourt *CD* pour éclater entre les deux boules. Il brûle à mesure qu'il entre dans l'appareil, et l'on produit ainsi près d'une once d'eau.

Décomposition de l'Eau. (Fig. 122.)

195. On établit au milieu des charbons allumés, un tube de fer *AB*, légèrement incliné; l'une des extrémités *B* plonge sous une cloche remplie de mercure ou d'eau, tandis que l'autre communique avec une cornue qui tient de l'eau bouillante. Les vapeurs se décomposent en traversant le tube, et l'hydrogène passe dans la cloche en état de gaz, pendant que l'oxigène s'unit au métal qui prend une couleur noire.

L'expérience réussit également avec un tube de cuivre, de verre et de porcelaine, quand on y introduit quelques lames de fer; 100 grains d'eau, qui sont décomposés, fournissent 15 grains d'air inflammable, et le poids du fer est augmenté de 85.

Vous pouvez aussi faire usage d'un tube qui renferme du charbon pulvérisé. L'oxigène de l'eau se combine avec le charbon, et forme de l'acide carbonique qui s'échappe avec le gaz hydrogène. C'est pourquoi l'on se procure de l'air inflammable, en plongeant des charbons allumés ou des barreaux de fer rouge, sous une cloche remplie d'eau.

On éteint les corps embrasés, quand on les couvre d'eau pour les dérober au contact de l'air; mais on augmente l'incendie, lorsqu'on en verse une petite quantité dans un foyer très-ardent. Cette liqueur se décompose. L'oxigène qui s'unit aux matières

combustibles, et l'hydrogène qui s'allume avec elles, ne servent qu'à rendre la combustion plus rapide.

ARTICLE II.

Origine de l'Eau.

196. L'eau nous vient : 1°. de l'atmosphère, par les pluies et les autres météores aqueux ; 2°. du sein de la terre, par les fontaines qui forment les ruisseaux et les fleuves que nous voyons se précipiter dans la mer. Cet immense réservoir inonderoit la surface du globe, s'il ne perdoit une partie de l'eau qu'il reçoit ; elle se dissout dans l'air qui l'abandonne ensuite, quand sa température ou sa pression diminue. Ce liquide pénètre l'intérieur de la terre, en filtrant à travers le sable et les rochers ; il y rencontre des espèces de bassins, d'où il s'écoule pour nous procurer des sources plus ou moins abondantes. On les trouve presque toujours au pied des montagnes, parce que ces grosses masses présentent beaucoup de surface aux brouillards, et se couronnent d'une grande quantité de neige pendant l'hiver.

On peut ajouter que l'électricité des nuages combine le gaz oxigène avec l'air inflammable qui s'élève dans les régions supérieures de l'atmosphère. Il en résulte de l'eau, destinée par l'auteur de l'univers, à prendre la place de celle qui est absorbée par les substances animales et végétales.

Moyens de purifier l'Eau.

197. L'eau de pluie est la plus pure de toutes ; elle ne contient guère que du calorique, de l'air commun, et du gaz oxigène qui la rend très-propre à favoriser la végétation.

Les eaux dormantes affectent souvent le goût et même l'odorat. Elles doivent leurs qualités nuisibles aux reptiles qui les

habitent, aux matières qui s'y pourrissent, aux terres qui les renferment.

L'eau des rivières est plus saine à cause du mouvement qui l'agite ; celle de la mer est âcre et visqueuse ; on en retire un trente-deuxième de sel dont elle se dépouille, quand elle se dissout dans l'air, ou lorsqu'elle se vaporise en s'unissant avec le calorique.

On purifie l'eau des puits et des rivières, en la chauffant dans un alambic ou dans une cornue. Ce liquide abandonne les substances étrangères, et forme des vapeurs qui s'écoulent dans un vase, après avoir été condensées par le réfrigérent. C'est là ce qu'on appelle de l'eau pure ou distillée, qui n'a qu'une saveur fade, et qui fait éprouver un sentiment de pesanteur à l'estomac, tant qu'elle ne tient point d'air.

CHAPITRE III.

DE L'EAU A L'ÉTAT DE GAZ.

198. L'EAU s'évapore lorsqu'elle se dissout dans l'air. Elle se vaporise quand le calorique la réduit en vapeurs. Le thermomètre qu'on y plonge est alors à 80 degrés, et cette liqueur ne s'échauffe plus toutes les fois qu'elle bout dans un vase ouvert ; mais elle acquiert une chaleur étonnante si l'on s'oppose à son expansion, comme il arrive dans le digesteur.

Marmite de Papin. (Fig. 123.)

199. C'est un vaisseau de métal qui est très-épais, et fermé d'un couvercle retenu par une forte vis. Le bois dur, l'ivoire et les os deviennent mous et friables dans l'eau dont il est rempli. On peut en faire usage pour extraire les sucs des matières animales et végétales, sans évaporation.

Quand on craint la rupture du vase, on pratique sur le couvercle une soupape chargée d'un poids et d'un levier que les vapeurs soulèvent, avant d'avoir assez de force pour briser les parois de la marmite.

200. Les vapeurs de l'eau bouillante occupent souvent un espace 1400 fois plus grand que celui de l'eau qui les a produites, et le ressort ou l'élasticité de ce fluide aériforme est capable de vaincre des résistances énormes.

Ampoules de verre.

201. Lorsqu'on expose à la flamme d'une bougie des ampoules de verre qui tiennent un peu d'eau, ce liquide se convertit en vapeurs, et les petites boules éclatent avec une détonnation plus ou moins forte.

Eolipyle. (Fig. 124.)

202. L'éolipyle est un vase terminé par un canal étroit *CD*. On le chauffe pour expulser une portion de l'air intérieur. Ensuite, on plonge le bec dans une masse d'eau que la pression de l'atmosphère y introduit. Quand le globe *AB* est plein jusqu'au tiers, on l'établit sur des charbons allumés; et quelque temps après, on le renverse de manière que l'eau couvre l'origine du tube.

Les vapeurs se rassemblent au fond du vase. Elles se dilatent en pressant la surface du liquide, et le poussent à 7 ou 8 mètres de hauteur.

Vous rendrez l'expérience plus agréable, si le vase est rempli d'esprit-de-vin. Une bougie suffira pour enflammer les vapeurs qui formeront un jet de feu très-étendu.

Pompe à feu.

203. C'est une machine qui doit ses mouvemens aux vapeurs de l'eau bouillante. La première fut construite par un Anglais vers 1695. Elle ne servoit alors que pour élever l'eau; mais

on peut aujourd'hui l'appliquer à tous les besoins de la société. On en fait usage pour épuiser les mines ou dessécher les marais, et pour répandre l'eau dans les grandes villes. Elle produit aussi les mouvemens de rotation nécessaires aux moulins, aux filatures, aux forges et aux manufactures de toute espèce.

Machine de Newcomen. (Fig. 125.)

204. Le balancier *BC* est mobile autour d'un point fixe *A*. Une extrémité *C* répond à la tige qui conduit le piston *E* d'une pompe ordinaire *DF*, et l'autre extrémité *B* communique avec un piston *G*, qui se meut dans un cylindre *IK* ouvert à sa partie supérieure.

On ouvre le clapet ou la soupape *LM*, qui répond à la chaudière *N*. Les vapeurs s'élancent dans la partie inférieure du cylindre. Elles font monter le piston *G*, et celui de la pompe *DF* s'abaisse, à mesure que le premier s'élève.

Après avoir fermé l'orifice *LM*, on ouvre le robinet *P* qui laisse passer de l'eau froide par le canal *OR* : elle condense les vapeurs qui forment alors une espèce de vide sous le piston *G*, et la pression de l'atmosphère le force à descendre, en soulevant le piston *E* qui remonte dans le corps de pompe.

Ces mouvemens alternatifs recommencent ensuite, et les diverses parties de la machine sont combinées avec tant d'art, que le jeu des robinets et des soupapes n'exige le secours d'aucun agent étranger.

Machine de Wats. (Fig. 126.)

205. Le piston *A* joue dans un cylindre *BC* dont les deux extrémités sont fermées, et ses mouvemens ne dépendent que du ressort des vapeurs. On emploie différens mécanismes qui reviennent à celui de la figure 126.

Supposons que la partie *B* du cylindre soit vide, et que les ouvertures *F* et *G* soient fermées par des robinets tels que *DE* qui tournent autour des points *H* et *T* (Fig. 127);

les vapeurs qui sortent de la chaudière *V* passent dans le réservoir *H*, pour arriver à l'extrémité *C* du cylindre par le tube *IK*. Elles se dilatent avec une force prodigieuse, et soulèvent le piston qui pousse le balancier, par le moyen de sa tige *AZ*.

Les robinets découvrent les orifices *F* et *G*, en fermant *L* et *I*. C'est pourquoi les vapeurs s'élancent dans la partie supérieure *B* du cylindre par le canal *FM*. Elles pressent le piston qui s'abaisse, en repoussant les vapeurs de la partie *C* dans l'espace *ON*, où elles sont condensées par de l'eau froide que fournit le canal *PQS*.

Ces robinets ferment de nouveau les orifices *F* et *G*, tandis qu'ils ouvrent *L* et *I*. Les vapeurs s'introduisent une seconde fois sous le piston qui remonte vers le haut du cylindre, et celles qui occupent la partie *B* se précipitent dans le réservoir *ON*, en parcourant le tube *RL*.

On voit à Paris, dans l'île des Cygnes, une machine de cette espèce qui fait aller des moulins.

La pompe de Chaillot, construite par les citoyens Perrier, distribue l'eau de la Seine dans les différens quartiers de Paris. La vapeur soulève un piston chargé d'une colonne d'air qui pèse environ 21278 kilogrammes (43500 livres).

LIVRE IV.

DE LA LUMIÈRE.

La lumière est un fluide élastique et très-subtil qui nous instruit de la présence des corps, et des couleurs qui les embellissent. Elle répand les graces et la beauté sur la terre. Nous lui devons l'éclat des rubis, l'émail des prairies, les charmes

d'un beau jour et les trésors dont le printemps compose sa parure.

CHAPITRE PREMIER.

NATURE DE LA LUMIÈRE.

206. On peut embraser les corps et fondre les métaux, par le moyen des rayons du soleil réunis au foyer d'un verre convexe ou d'un miroir ardent. C'est pourquoi la plupart des physiciens regardent le calorique et la lumière comme un seul et même être. Il est lumière, quand ses molécules sont animées d'une grande vitesse et jouissent de toute l'élasticité qui leur est propre; il est matière de la chaleur, toutes les fois que ses parties se meuvent lentement, et s'unissent à des substances étrangères. Ainsi, les corps noirs qui se combinent avec la lumière, s'échauffent plus que les blancs qui la réfléchissent; et, quand on noircit la boule d'un thermomètre, le mercure y monte plus haut que dans les autres.

Cependant, l'identité de ces deux principes n'est point encore marquée du sceau de l'évidence. Les rayons de la lune brillent d'une lumière très-vive, sans produire la moindre chaleur. Une barre de fer, rougie au feu, n'éclaire point une chambre obscure, et le calorique s'ouvre un passage à travers tous les corps, tandis que la lumière n'en pénètre qu'un petit nombre.

Origine de la Lumière.

207. Descartes et ses disciples supposent que la lumière est composée de molécules arrondies, qui remplissent la vaste étendue de l'univers. Les astres et les autres corps lumineux pressent les parties dont ils sont environnés, et leur impriment un mouvement de vibration qui se transmet jusqu'à l'œil. Ainsi le repos de ces globules nous plonge dans les ténèbres, et leur agitation

nous rend la clarté du jour, à peu près comme les frémissemens de l'air excitent l'impression du son.

On oppose à cette explication naturelle et séduisante : 1°. que le bruit se répand dans l'air en tous sens, et que la lumière se propage en ligne droite :

2°. Que l'opacité d'un corps intercepte la lumière, sans empêcher le son de frapper nos oreilles :

3°. Qu'il n'y auroit point d'obscurité sur la terre, puisque les molécules de lumière, situées au-dessous de l'horizon, communiqueroient leur mouvement à toutes les autres.

208. Les physiciens modernes pensent, avec le célèbre Newton, que la lumière est une émanation réelle des astres qui lancent de tous côtés une partie de leur propre substance.

On pourroit demander comment il arrive que le soleil ne soit point épuisé par cette effusion continuelle. Mais la lumière est si subtile, qu'une petite portion du globe solaire est suffisante pour éclairer le monde entier, pendant la durée des siècles. D'ailleurs, il est vraisemblable que les astres ont un moyen de réparer les pertes qu'ils éprouvent. Rien ne s'anéantit dans la nature, et la lumière, réfléchie de toutes parts, remonte peut-être à sa source pour nous prodiguer de nouveau ses bienfaits.

Vitesse de la lumière. (Fig. 128.)

209. Le mouvement de la lumière est si rapide qu'elle parcourt, en 7 ou 8 minutes, les trente-trois millions de lieues qui nous séparent du soleil. Cette vérité fut découverte, en 1676, par un astronome danois qui étoit venu se fixer en France.

Soit *ABC* l'orbite que décrit la terre autour du soleil *S*, *DGI* celle de Jupiter, *FGH* celle d'un satellite, *E* Jupiter, *F* le satellite éclipsé par l'interposition de la planète qui empêche les rayons du soleil d'arriver en *F*.

Les tables de Cassini fournissent un moyen de prédire l'instant où le satellite commence à reparoître ; mais Roëmer s'aperçut

que l'observation répondoit au calcul, toutes les fois que la terre se trouvoit en *A*, et qu'il falloit attendre 15 ou 16 minutes de plus, quand elle étoit en *C*. La lumière emploie donc ce temps à franchir la distance *AC* qui est de 66 millions de lieues, ce qui fait environ 72000 lieues par seconde (52000 myriamètres).

Il s'ensuit que les parties de ce fluide sont d'une ténuité qui surpasse les bornes de notre imagination : car elles ne blessent pas ordinairement l'organe de la vue, quoiqu'il soit le plus délicat et le plus sensible ; or leur force, ou la quantité de mouvement qui les anime, est égale au produit de leur masse par leur vitesse, qui est extrême. Il est donc évident que ces molécules sont infiniment petites.

210. La lumière vient à l'œil de trois manières : 1°. en ligne droite et sans être détournée par aucun obstacle ; 2°. après avoir été réfléchie par un corps opaque ; 3°. après avoir été réfractée ou brisée, en passant d'un milieu dans un autre.

Les rayons ou filets de lumière sont parallèles, quand ils conservent entr'eux la même distance, comme *AB* et *CD* (Fig. 129) ; ils sont convergens, lorsqu'ils se dirigent vers un seul point, comme *EF* et *GF* (Fig. 130). Enfin, on appelle divergens les rayons *AB* et *AC* qui vont en s'écartant l'un de l'autre (Fig. 131).

CHAPITRE II.

DE LA LUMIÈRE DIRECTE.

La lumière directe est celle qui traverse un espace vide, ou bien un milieu dont la résistance est invariable ; les différentes lois qu'elle suit dans ses mouvemens, se réduisent à un petit nombre de principes fondés sur l'expérience.

211. La lumière tend à se propager en ligne droite.

En effet, un faisceau de lumière, qui passe dans une chambre obscure, nous présente l'apparence d'un cylindre lumineux composé de lignes droites.

L'astronome, en tournant ses lunettes vers le ciel, et le chasseur, en dirigeant son fusil vers le gibier, supposent que les rayons de lumière suivent une ligne droite pour arriver de l'objet à l'œil, et le succès de leurs opérations atteste la vérité du principe qui leur sert de base.

212. Un point lumineux B lance de tous côtés une foule de rayons divergens (Fig. 132).

Car on l'aperçoit de tous les points de la circonférence ACD; mais on le voit par le moyen des filets de lumière qui entrent dans l'œil. Il est donc le centre d'une sphère lumineuse, dont les rayons vont en s'écartant les uns des autres.

213. Un œil placé devant un point radieux A, est la base d'une pyramide lumineuse BAC, dont ce point forme le sommet (Fig. 133).

Elle est composée de rayons divergens, et leur écartement se mesure par l'angle BAC des rayons extrêmes : il augmente à mesure que la distance de l'objet diminue. Si l'œil se trouvoit en D, la base du cône auroit EG pour diamètre, et les rayons feroient l'angle EAG plus grand que BAC.

L'œil recevroit alors tous les filets de lumière compris entre AG et AE, tandis qu'en B il n'est frappé que de ceux qui passent entre AI et AK.

Un point éloigné devient invisible, parce que les rayons qui pénètrent dans l'œil, ne sont pas assez nombreux pour y faire une impression bien sensible. La distance varie suivant l'état de l'organe et la nature des objets. Les corps lumineux se voient de plus loin que les autres, puisque nous distinguons les étoiles, malgré l'intervalle immense qui nous en sépare.

214. Nous voyons ordinairement un objet à l'endroit où se réunissent les rayons qui entrent dans l'œil (Fig. 133).

1°. Nous apercevons le point *A* au sommet de la pyramide lumineuse *BAC*, qui nous en apporte l'image.

Si l'éloignement du point *A* rend les rayons presque parallèles, on ne peut juger du point où ils se rencontrent, et l'on voit cet objet à une distance indéfinie *PR*, mais toujours dans la direction du faisceau de lumière qui parvient à l'œil.

2°. Soit *A* (Fig. 134) un point radieux, et *BC* un miroir plan qui réfléchit vers l'œil *S* un cône de lumière *DAE*. L'expérience nous apprend qu'on voit le point *A* en *G*, de manière que la distance *FG* de l'image au miroir est égale à celle de l'objet par devant; mais *G* est le sommet de la pyramide *KGH*. Nous apercevons donc l'image au point où se réuniroient les rayons qui pénètrent dans l'œil s'ils étoient prolongés.

D'ailleurs il est évident que les rayons *EK*, *DH* agissent sur l'œil comme s'ils venoient réellement du point *G*; et nous sommes naturellement portés à croire que l'objet se trouve en *G*.

215. Les faisceaux de lumière se croisent et ne se mêlent pas en traversant une petite ouverture (Fig. 135).

Soit *AB*, le volet d'une chambre obscure; *CD* le mur opposé; *E* une petite ouverture garnie d'un verre convexe qui réunit les rayons de chaque pyramide sur le mur; *GF* une flèche éclairée par les rayons du soleil;

Cet objet se peindra sur le mur avec ses couleurs naturelles; mais l'image *HK* sera dans une position renversée, parce que les cônes lumineux *GH*, *FK* se croisent en passant par le trou du volet.

216. L'intensité de la lumière diminue comme le quarré de la distance augmente (Fig. 136).

Expérience.

On adapte au volet d'une chambre obscure, une boule de bois mobile en tout sens, et traversée par un tube *AB* qui porte une lentille *ID*. Ce verre convexe rassemble les rayons du soleil au

point *B* qui devient le sommet d'un cône lumineux ; on le reçoit en *F* sur un chassis couvert de gaze ou de papier, et l'on y remarque un cercle blanc *FH* dont il est facile de mesurer la surface.

Elle est quatre fois plus grande en *G*, où la distance *BG* est double ; et neuf fois plus grande en *E*, quand la distance *EB* est triple. Ainsi, le cercle *GK* renferme quatre fois plus de points que *FH;* mais ces deux figures sont éclairées par le même faisceau de lumière Chacun des points du cercle *GK* reçoit donc quatre fois moins de lumière que ceux de *FH*.

CHAPITRE III.

DES OMBRES.

L'OMBRE est l'obscurité produite par l'interposition d'un corps opaque ; elle est terminée par des lignes droites, parce qu'elle se trouve comprise entre les rayons de lumière qui rasent les bords de l'obstacle ; on la juge plus noire, quand les parties voisines sont fortement éclairées.

217. Elle est cylindrique, si la sphère du corps lumineux est égale à celle du corps opaque (Fig. 137).

En effet, si nous supposons que *AB* soit le diamètre du premier globe, et *CD* celui du second ; les rayons extrêmes, tels que *AC* et *BD* raseront la surface du corps opaque ; tandis que ceux qui passent entre ces droites, seront arrêtés dans leur course ; mais *AC* et *BD* sont parallèles à cause des perpendiculaires *AB* et *CD* qui sont égales. Ainsi l'ombre *GCDF* est cylindrique, et s'étend presqu'à l'infini.

218. L'ombre a la figure d'un cône, toutes les fois que la sphère lumineuse est plus grande que celle du corps opaque. (Fig. 138).

Si le soleil est en *S* et la terre en *T*, cette planète interceptera les filets de lumière compris entre les rayons *ED* et *AB*, de manière que l'ombre sera le cône *BCD* (521).

219. Sa figure est celle d'un cône tronqué, lorsque la sphère lumineuse est moindre que celle du corps opaque (Fig. 139).

Quand la terre *A* est éclairée par la lune *B* dont le diamètre est plus petit, les rayons, tels que *EH* et *CG* qui terminent l'ombre, vont en s'écartant les uns des autres, et lui donnent la forme d'un cône tronqué *DGHF*.

La Pénombre. (Fig. 140.)

220. C'est une ombre affoiblie par quelques rayons du corps lumineux.

Soit *IK* le soleil, *AF* une ligne horizontale, et *BG* un corps opaque dans une position verticale ;

La droite *BC* ne reçoit aucun des rayons du soleil, qui sont tous arrêtés par le corps opaque ; et cette ligne est la mesure de l'ombre vraie ; mais un œil en *C* découvre le point *I* du bord supérieur de l'astre, par le moyen du rayon *IGC* ; et le nombre des parties visibles augmente, à mesure qu'on approche du point *E*, où l'on aperçoit le disque entier. La pénombre, ou l'espace éclairé par quelques-uns des rayons du corps lumineux, est donc *EC*.

Mesure des Hauteurs. (Fig. 141.)

221. L'ombre d'un corps, projetée sur un plan horizontal, peut servir à déterminer sa hauteur.

Supposons que *AB* soit une tour dont l'ombre *CD* est de 20 mètres, et que la hauteur d'un bâton *EF* soit de 3 mètres. Après avoir mesuré son ombre *EG* de 2 mètres, je fais cette proportion ;

L'ombre du bâton est à celle de l'édifice, comme la hauteur

du premier corps est à celle du second ; ce qui donne, 2 : 20 : : 3 : x = (*b*) 30 mètres (92 pieds).

Cette méthode n'est pas rigoureuse, parce que la pénombre ne permet pas d'avoir exactement l'ombre vraie (522).

CHAPITRE IV.

DE LA LUMIÈRE RÉFLÉCHIE.

La lumière qui tombe sur les corps opaques, se divise en trois parties. La première se combine avec eux ; une autre se réfléchit en tous sens, à cause de l'inégalité des surfaces ; enfin, la troisième forme l'angle de réflexion égal à celui d'incidence.

Première Expérience. (Fig. 142.)

222. Quand un faisceau de lumière *DB* traverse une chambre obscure, et qu'on lui présente un miroir *AC*, on le voit suivre la droite *BF*, en faisant l'angle de réflexion *CBF* égal à celui d'incidence *ABD*.

Si nous imaginons la perpendiculaire *BG*, les angles *GBD* et *GBF* seront égaux, puisque la mesure (*c*) du premier est *AK* moins *AH*, et que celle du second est *CK* moins *IC*, ou *AK* moins *AH*. Il s'ensuit que nous pourrons prendre l'angle *DBG* pour celui d'incidence, et son égal *GBF* pour l'angle de réflexion. Ainsi, l'angle d'incidence est celui que le rayon de lumière *DB* fait avec le miroir, ou bien celui qu'il fait avec la droite *GB* qui est perpendiculaire à ce plan.

(*b*) Le signe = placé entre deux quantités, indique leur égalité.

(*c*) La mesure d'un angle est l'arc compris entre ses côtés, et qui a le sommet pour centre.

Deuxième Expérience. (Fig. 142.)

223. Lorsqu'un filet de lumière *DB* est perpendiculaire à la surface d'un miroir *OM*, il retourne sur ses pas, en parcourant la droite *BD*.

Des Miroirs.

224. Les miroirs sont des surfaces polies qui réfléchissent un grand nombre de rayons avec régularité; ils sont plans, concaves, convexes ou mixtes. Le cristal d'une eau limpide fut le premier que les hommes consultèrent; mais l'art eut bientôt surpassé la nature. On imagina des plaques de métal dont l'origine se perd dans l'obscurité des temps, et qui étoient un alliage de cuivre et d'étain; les modernes y ont ajouté de l'arsenic et un peu d'argent.

On croit que les miroirs de glace nous viennent de Tyr, ville autrefois célèbre par ses manufactures et l'étendue de son commerce. Ils sont plus faciles à contruire et moins sujets à s'altérer par le contact de l'air; mais ils sont beaucoup plus fragiles, et donnent ordinairement deux images, l'une foible par la surface antérieure, et l'autre plus forte par le tain dont la surface postérieure est couverte.

ARTICLE PREMIER.

DES MIROIRS PLANS.

Un miroir plan est celui sur lequel une ligne droite s'applique exactement dans tous les sens.

225. L'image est derrière le miroir, à la même distance que l'objet par devant.

En effet, celui qui est à deux pieds d'un miroir, voit son image à deux pieds derrière, et la distance augmente ou diminue suivant qu'il s'éloigne ou qu'il s'approche de la glace.

L'image d'un point *A* (Fig. 134) placée devant un miroir

BC, se trouve en *G* sur la perpendiculaire *AG*, de manière que *GF* égale *AF*.

Tous les faisceaux de lumière qui émanent de l'objet, et qui frappent le miroir, se réfléchissent; mais il n'y a que la pyramide *EAD* qui entre dans l'œil suivant la direction *EK*, parce que les autres font un angle trop grand ou trop petit; nous voyons l'image en *G*, où se réuniroient les rayons *EK* et *DH* s'ils étoient prolongés (524).

226. L'image est de même grandeur que l'objet (Fig 143).

Supposons que *AB* soit un miroir vertical, et que *CD* soit une flèche; nous apercevrons l'image des extrémités *C* et *D* sur les points *G* et *F* des perpendiculaires *CF* et *DG*, de sorte que nous aurons $CH = HF$ et $DI = IG$ (225); mais les droites *CF* et *DG* sont parallèles. L'image *FG* et l'objet *CD* qui mesurent les distances de ces deux lignes, auront donc la même longueur.

227. Un objet vertical, près d'un miroir horizontal, se voit dans une position renversée (Fig. 144).

Soit *AB* le miroir, et *AC* l'objet. Si nous faisons $DG = AC$ et $GF = AE$, l'image du point *C* se trouvera en *D*; celle du point *E* sera en *F*, et celle de l'extrémité *A* contre le miroir (225).

C'est pour cette raison que l'on voit une image renversée, des arbres qui ombragent le bord des rivières ou des étangs.

228. Un objet horizontal *AB* (Fig. 145), placé devant un miroir *CD* qui est incliné de 45 degrés, produit une image verticale *EF*.

Si l'on abaisse les perpendiculaires *BG*, *IK*, et que l'on fasse $EG = BG$ et $KL = IK$, on verra l'image du point *B* en *E*, et celle du point *I* en *L* (225), de sorte que l'image entière se trouvera sur la droite *EF*.

Cette observation nous servira pour expliquer le phénomène des instrumens connus sous le nom d'optiques (525).

229. Une glace étamée nous présente ordinairement deux

images, l'une antérieure et foible, l'autre plus vive et plus éloignée (Fig. 146).

Soit A un point lumineux; ED la surface étamée du miroir; AG une perpendiculaire sur laquelle on prend $EG = EA$, et $BH = AB$.

La plupart des rayons de lumière qui tombent sur le miroir en I, pénètrent jusqu'en K, et se réfléchissent vers l'œil qui aperçoit une image forte en G, puisqu'on suppose $FG = EA$ (225); mais il y en a quelques-uns, tels que AL, qui sont renvoyés par la surface antérieure BC, et qui suivent la direction LM, pour former une seconde image en H. Nous verrons donc l'objet aux points H et G, et même entre ces deux images, si le miroir a beaucoup d'épaisseur.

ARTICLE II.

DES MIROIRS CONCAVES. (Fig. 147.)

230. Un miroir concave ADB est ordinairement une portion de sphère creusée dans l'intérieur, et bien polie.

Le centre C du miroir est celui du globe dont il fait partie.

La droite, menée du centre à l'un des points du miroir, est perpendiculaire sur la petite surface dont ce point occupe le milieu.

Le foyer *réel* d'un miroir est le point où se réunissent les rayons de lumière qui ont été réfléchis.

Le foyer *imaginaire* est le point où les filets de lumière se rassembleroient, s'ils étoient prolongés derrière le miroir.

Foyer des rayons parallèles. (Fig. 148.)

231. Sa distance, au miroir, est à peu près la moitié du rayon de la sphère ou du segment.

Car l'intervalle qui nous sépare du soleil est si grand, que les

rayons de cet astre sont sensiblement parallèles. Or, ils se rassemblent au milieu du rayon d'un miroir concave; nous pouvons donc regarder ce point comme le foyer des rayons parallèles.

On le détermine, en appliquant sur le miroir une substance bien combustible que l'on éloigne jusqu'au point où elle s'enflamme.

Soit AB le miroir; C le centre; CA et CB deux rayons de la sphère qui sont perpendiculaires aux points A et B, ou sur les petits arcs dont ces points forment le milieu; si les droites GD, EB et PA représentent des filets de lumière parallèles, le premier qui est perpendiculaire en D, reviendra sur ses pas (223); mais les deux autres se réfléchiront en faisant, avec les perpendiculaires CB et CA, des angles de réflexion CBF et CAF égaux à ceux d'incidence EBC et PAC. Ils couperont le premier au point F qui se nomme le *foyer*, et qui est vers le milieu de CD (532).

Foyer des rayons divergens. (Fig. 147.)

232. Soit AB le miroir, C le centre, E un point lumineux, AEB un cône de lumière dont l'axe est ED.

Le rayon ED qui passe au centre du miroir, et qui est perpendiculaire en D, se réfléchit en suivant la même direction (222).

Pour trouver le point F où les rayons EA et EB le coupent, il suffit d'imaginer les droites AF et BF qui fassent, avec les perpendiculaires CA et CB, des angles FAC, FBC égaux à ceux d'incidence EAC, et EBC (533).

233. Les rayons de lumière FD, FA, FB qui partent du foyer F, se réfléchissent parallèles (Fig. 148).

Le premier qui est perpendiculaire au miroir, suit la droite GD (223); et, les autres qui sont obliques forment des angles de réflexion égaux à ceux d'incidence; mais nous avons supposé (230) que l'angle FAC est égal à CAP, et que FBC égale

CBE. Les faisceaux de lumière seront donc réfléchis suivant les parallèles *DG*, *AP* et *BE* (Fig. 148).

Quand on établit une bougie allumée vers le point *F*, au milieu d'une chambre obscure, on voit sortir du miroir un cylindre lumineux qui se prolonge à une grande distance.

C'est d'après ce principe que l'on construit les réverbères destinés à éclairer les rues. La flamme de la mèche se trouve au foyer d'un miroir échancré qui renvoie les rayons parallèlement aux murs des édifices.

234. Deux rayons *ID* et *IA* se réfléchissent divergens, lorsqu'ils émanent d'un point *I* situé entre le miroir, et le foyer *F* des rayons parallèles (Fig. 148).

Le premier, qui est perpendiculaire en *D* (230), retourne sur ses pas (223); et le second fait un angle de réflexion égal à celui d'incidence *IAC*; mais *IAC* est plus grand que *FAC*. L'angle de réflexion sera donc plus grand que $CAP = FAC$ (231), et le rayon *IA* suivra la droite *AK*, par exemple.

Il est aisé de voir que les deux filets de lumière *DG*, *AK* sont divergens, et que leurs prolongemens se réuniroient derrière le miroir, au point *M*.

235. Les rayons deviennent convergens, toutes les fois qu'ils partent d'un point qui est plus éloigné que le foyer *F* des rayons parallèles (Fig. 147).

Nous l'avons démontré (232) pour les filets de lumière qui viennent d'un point *E*, dont la distance est plus grande que le rayon *CD* du miroir.

Il s'agit de prouver que cette propriété convient aussi à des rayons *IB* et *IA*, qui émanent d'un point *I* placé entre le centre *C*, et le foyer *F* des rayons parallèles (Fig 339).

Le premier *IB* conserve sa direction primitive (223), tandis que l'autre fait un angle de réflexion égal à celui d'incidence *IAC*; mais *IAC* est plus petit que *FAC*. L'angle de réflexion sera donc moindre que $CAH = FAC$ (231); il sera l'angle *CAG*, par

exemple, et le rayon *IA* coupera le premier au point *G*, en suivant la droite *AG*.

236. Des filets de lumière *CB* et *CA* qui émanent du centre, se réfléchissent au même point *C*, puisqu'ils sont perpendiculaires à la surface du miroir (229).

Lieu de l'Image. (Fig. 147.)

237. L'image d'un point radieux *E*, se trouve sur l'axe (*d*) du cône ou du faisceau de lumière qui frappe le miroir.

Nous la voyons au foyer, c'est-à-dire, au point qui réunit les rayons de lumière ou leurs prolongemens (214); or, le foyer *F* (232) est sur la droite *ED* qui est l'axe du cône lumineux *AEB*. On aperçoit donc l'image d'un point, sur l'axe du faisceau de lumière qui tombe sur le miroir (534).

Miroirs ardens.

238. On appelle ainsi des miroirs concaves, avec lesquels on rassemble les rayons du soleil, pour embraser des substances combustibles; ils sont de métal ou de glaces étamées: ces derniers sont plus fragiles que les autres, mais ils réfléchissent plus de lumière et conservent mieux le poli qu'ils ont reçu.

Nous devons à l'illustre Buffon un miroir ardent composé de plusieurs miroirs plans qui sont mobiles, et qu'on incline à volonté, pour diriger les rayons solaires vers un même point. Ce miroir brûle du bois à 65 mètres, et fond de l'étain à 50 mètres.

Archimède avoit sans doute un pareil miroir, s'il est vrai qu'il ait consumé la flotte de Marcellus, au siége de Syracuse.

Expérience. (Fig. 340).

ML et *KI* sont deux miroirs concaves, éloignés de 7 ou 8 mètres. Le premier a son foyer des rayons parallèles en *C*, et le second en

(*d*) L'axe d'un cône est la droite menée du sommet au centre de la base.

F. On établit au point *C* des charbons allumés que l'on a soin d'animer avec un soufflet.

Les rayons de chaleur, tels que *CB* et *CD*, se réfléchissent parallèles, en suivant les droites *BE* et *DH* (233). Ils frappent le miroir *IK*, qui les réunit à son foyer *F*, où ils enflamment des mèches couvertes d'une amorce.

ARTICLE III.

DES MIROIRS CONVEXES.

239. Les miroirs convexes sont des portions de sphère dont la surface extérieure est bien polie.

Ils ont un *foyer imaginaire* qui est le point où se réuniroient les rayons réfléchis, s'ils étoient prolongés derrière le miroir.

Foyer des rayons parallèles. (Fig. 151.)

240. Soit *ABD* le miroir; *C* le centre; *MB* et *GA* deux rayons de lumière qui sont parallèles, et très-près l'un de l'autre.

Le premier, qui est perpendiculaire au point *B* (230), se réfléchit en suivant la droite *BM* (223); mais le second fait, avec la perpendiculaire *AH*, un angle de réflexion *HAI* égal à celui d'incidence *GAH*. Ces deux rayons prolongés se rencontreroient donc au point *F* qui se trouve au milieu de *BC*.

On voit que les filets de lumière *BM*, *AI* sont divergens, et que les miroirs convexes ont la propriété d'écarter les rayons (543).

Foyer des rayons divergens. (Fig. 152.)

241. Soit *ABD* le miroir; *C* le centre; *GD*, *GA* et *GB* trois rayons de lumière émanés du point *G*.

Le premier, qui est perpendiculaire en *D*, revient sur ses pas, tandis que les deux autres se réfléchissent suivant les droites *AI* et *BL*, en faisant les angles de réflexion *EAI* et *KBL*, égaux à ceux d'incidence *GAE* et *GBK*. Ces rayons *DG*, *AI*

et *BL* prolongés derrière le miroir, se rassembleroient en *F*; et ce point est le *foyer imaginaire* des filets de lumière qui forment le cône *AGB*.

Les rayons divergens *GA* et *GB*, le sont encore davantage après la réflexion, puisque leurs nouvelles directions *AI* et *BL* sont plus écartées que les premières (544).

Lieu de l'Image. (Fig. 152.)

242. L'image d'un point *G* est derrière le miroir, sur l'axe du cône de lumière *AGB*.

Elle est au point où se réuniroient les rayons réfléchis, s'ils étoient prolongés derrière le miroir (214). Or, nous venons d'observer qu'ils se rencontreroient en *F*. On aperçoit donc l'image au point *G* derrière le miroir, et sur le prolongement de *CD* qui est l'axe du cône lumineux *AGB* (545).

Distance de l'Image. (Fig. 153.)

243. L'image est moins éloignée du miroir que l'objet.

Soit *A* un point lumineux; *MN* un miroir plan; *AC*, *AE* des rayons qui entrent dans l'œil après avoir été réfléchis suivant les droites *CD* et *EF*.

Ces filets de lumière se réuniroient en *O*, s'ils étoient prolongés derrière le miroir, et l'image du point *A* se trouve en *O*, de manière que nous avons $MO = MA$ (225); or, un miroir convexe augmenteroit (240) l'écartement de ces rayons qui prendroient les directions *EH* et *CG*, par exemple; ils auroient donc leur point de concours en *I*, et l'image seroit plus près du miroir que l'objet *A* (546).

Grandeur et situation de l'Image. (Fig. 149.)

244. L'image est droite et plus petite que l'objet.

Si nous supposons que l'objet soit l'arc *OL*, et que le miroir soit *ABD*, nous verrons l'image du point *L* en *E*, par exemple, derrière le miroir et sur l'axe du cône lumineux *ALI* (242).

Celle du point *O* se trouvera en *G*, et l'image entière sera l'arc *EKG*; mais il est moindre que *LSO*, puisqu'il est plus près du sommet de l'angle *OCL*: nous aurons donc une image plus petite que l'objet.

ARTICLE IV.

DES MIROIRS CYLINDRIQUES. (Fig. 154.)

245. Ces miroirs défigurent les objets ordinaires, et nous présentent une image régulière de ceux qui sont déformés.

1°. Ils diminuent beaucoup les dimensions de l'objet en largeur.

Soit *ABC* l'une des zônes convexes du miroir, *D* le centre, et *GHPNML* un arc qui sert d'objet (Fig. 155).

Après avoir divisé *ABC* en petites parties, comme *EC* et *IE*, je mène, de l'œil *S* au miroir, les droites *SE*, *SI*, *SU*, qui fassent avec les perpendiculaires *DF*, *DK*, *DU* des angles *SEF*, *SIK*, *SUZ* égaux à ceux que nous donnent les droites *EG*, *IH* et *UL*. Il s'ensuit que les faisceaux de lumière qui émanent des points *G*, *H* et *U*, par exemple, se dirigeront vers l'œil, en suivant les droites *ES*, *IS* et *US* (222). Mais l'image est derrière le miroir sur l'axe du cône de lumière qui entre dans l'œil, et plus près que l'objet (242). Nous verrons donc le point *G* en *C*, par exemple, sur le prolongement de *SE*, et le point *U* en *A*, de sorte que l'étendue de l'image entière est *AC* bien moindre que celle de l'objet *GPNL*.

Ainsi, pour que l'image *AC* représente une flèche dont la pointe soit *QC*, il faut défigurer l'objet de manière qu'il occupe tout l'espace *GPNL*, et que la pointe soit dessinée entre les droites *EG* et *IH*.

2°. L'image est dans une position qui est presque verticale (Fig. 156).

Soit *AB* une portion du miroir, *CM* un objet horizontal; et

supposons que les angles *MIB*, *CHB* soient égaux aux angles *NIA*, *NHA*; nous en conclurons que les pyramides lumineuses qui émanent des points *M* et *C*, sont réfléchies vers l'œil *N*, suivant les droites *IN* et *HN*. Mais l'image est derrière le miroir, sur l'axe du faisceau de lumière, et plus près que l'objet. Nous verrons donc le point *M* en *R*, par exemple, sur le prolongement de *NI*, et l'image de *CM* sera la droite *RS*.

Si l'œil s'élève en *O*, la hauteur de l'image augmentera de *QR*, parce que cet organe reçoit le faisceau de lumière *MD*, suivant la direction *DO*, et qu'on aperçoit le point *M* en *Q*, sur le prolongement de *OD* (548).

CHAPITRE V.

DE LA LUMIÈRE RÉFRACTÉE.

246. La lumière se brise, ou change de direction, lorsqu'elle passe obliquement d'un milieu dans un autre. Ce phénomène dépend de l'attraction qui règne entre les molécules des corps et celles des rayons solaires.

Première Expérience. (Fig. 162.)

ABCD est un vase de verre plein d'eau que l'on établit dans une chambre obscure. Un faisceau de lumière *EF*, qui est perpendiculaire à la surface du liquide, ne s'écarte point de sa route primitive, et frappe le fond du vase en *G*; mais un rayon oblique comme *HFL*, se rapproche de la perpendiculaire *FG*, en suivant la droite *FI*. L'angle *HFE* ou *GFL* est l'angle d'incidence, tandis que l'angle *GFI* est celui de réfraction.

247. Le sinus (*e*) de l'angle d'incidence, ou la perpendicu-

(*e*) Le sinus d'un angle ou de l'arc qui lui sert de mesure, est la perpendiculaire abaissée de l'une des extrémités de l'arc, sur le rayon qui passe par l'autre extrémité.

laire *LM* est au sinus de l'angle de réfraction, ou la perpendiculaire *IK*, comme 4 est à 3, quand le rayon de lumière passe de l'air dans l'eau, et ce rapport est toujours le même quelle que soit l'obliquité du rayon. Ces deux sinus sont entr'eux comme 3 est à deux, ou plus exactement comme 31 est à 20, si la lumière sort de l'air pour entrer dans le verre.

Quand le rayon *IF* passe de l'eau dans l'air, il prend la direction *FH*, en s'écartant de la droite *EF* perpendiculaire à la surface qui sépare les deux milieux. L'angle d'incidence est alors *IFG* et celui de réfraction est *EFH* ou *LFG* qui lui est égal, comme opposé par le sommet. Le sinus d'incidence est à celui de réfraction comme 3 est à 4, (550).

248. Ainsi, la lumière s'approche de la perpendiculaire, toutes les fois qu'elle entre obliquement dans un milieu plus dense que celui d'où elle sort; mais elle s'éloigne de la perpendiculaire en passant dans un milieu qui est moins dense que celui qu'elle abandonne. Cependant la réfraction n'augmente pas toujours avec la densité. L'esprit-de-vin et l'huile, qui sont moins denses que l'eau, sont plus réfringens que ce liquide.

Deuxième Expérience. (Fig. 163.)

249. Après avoir placé une pièce d'argent *P* sur le fond d'un vase opaque, retirez-vous jusqu'à ce qu'elle soit cachée par les bords, et vous la verrez paroître en *F* dès qu'on aura versé de l'eau dans ce vase.

On n'aperçoit pas l'objet tant que le vaisseau reste vide, parce que le faisceau de lumière *PS*, qui va directement à l'œil *S*, est arrêté par les parois *OC* du vase; mais, quand il est rempli d'eau, la pyramide lumineuse *PID*, qui passoit au-dessus de l'œil s'éloigne de la perpendiculaire *IG* (248). Elle se dirige vers le point *S* en suivant la droite *IS*, et l'on voit la pièce de monnoie sur le prolongement des rayons qui en apportent l'image (214).

ARTICLE PREMIER.

DES PRINCIPAUX EFFETS DE LA RÉFRACTION.

250. Un objet A qui est dans l'eau, nous paroît moins éloigné de la surface IK du liquide (Fig. 164).

Soient AB, et AC deux filets de lumière émanés du point A. Le premier, qui est perpendiculaire à la surface de l'eau, ne se réfracte pas, tandis que le second s'éloigne de la perpendiculaire ED, en passant de l'eau dans l'air. Il suit la droite EF, dont le prolongement coupe en G le rayon AB : mais nous voyons un point au sommet de l'angle formé par les rayons qui entrent dans l'œil. Nous apercevrons donc le point A en G.

C'est pour cette raison qu'une rivière nous semble moins profonde qu'elle n'est réellement.

251. Les objets plongés dans l'eau nous paroissent plus grands que dans l'air (Fig. 165).

Soit EF un poisson qui est au fond d'un vase, et que l'œil S voit sous l'angle ESF. Les filets de lumière EG, FK, n'arrivent point en S, tant que le vaisseau ne renferme que de l'air ; mais lorsqu'on y verse de l'eau, ces rayons s'écartent de la perpendiculaire et suivent les directions GS et KS, de manière qu'on aperçoit l'objet plus près de la surface du liquide (250), et sous l'angle ISH plus grand que ESF.

252. Un bâton AB (Fig. 166), qui se trouve obliquement dans l'eau, semble former un angle ACD, parce qu'on voit la portion AC dans le vrai lieu qu'elle occupe, tandis que l'extrémité B paroît être en D (250).

Double réfraction.

253. Il y a des cristaux et des pierres transparentes qui nous offrent deux images d'un objet. Les rayons qui passent au travers, se divisent en deux parties, et leur écartement varie suivant la nature des substances, ou l'inclinaison des faces opposées.

Réfraction astronomique. (Fig. 167.)

254. La réfraction nous fait voir les astres plus hauts qu'ils ne sont réellement.

PSR est le globe terrestre, *CGI* l'atmosphère qui s'étend à 18 ou 20 lieues, *S* l'œil du spectateur, *D* une étoile, et *ACF* la perpendiculaire au point *C*.

L'espace compris entre l'atmosphère et l'étoile est vide, ou rempli d'un milieu dont la résistance est insensible, puisque les planètes se meuvent toujours avec la même vitesse. Ainsi, le faisceau de lumière *DC* passeroit au-dessus de l'œil en *B*, s'il ne rencontroit pas l'air atmosphérique; mais, en traversant l'épaisseur de ce fluide élastique, il se rapproche de la perpendiculaire *AC*, pour suivre la droite *CS*, et nous voyons l'étoile en *E*, sur la direction du filet de lumière qui pénètre dans l'œil (214).

La route du rayon *CS* est une courbe, parce que l'air est plus dense et plus chargé de vapeurs dans les couches inférieures de l'atmosphère, qui produisent une réfraction plus forte.

Crépuscule. (Fig. 168.)

255. Le crépuscule est une lumière douce qui brille dans le ciel avant le lever du soleil, et quelque temps après son coucher. Elle commence le matin et finit le soir, quand l'astre du jour est à 18 degrés au-dessous de l'horizon. Le crépuscule du matin reçoit le nom d'*aurore*, et les poètes en ont fait une déesse chargée d'ouvrir les portes de l'orient.

Ce phénomène est l'effet des rayons du soleil, qui sont réfractés et refléchis par l'atmosphère.

Soit *A* la terre, *B* le soleil, et *CDE* l'atmosphère. Les rayons solaires ne peuvent entrer dans l'œil *F*, parce que les uns, tels que *BC*, sont arrêtés par le globe terrestre, et que d'autres, comme *BDE*, ne se dirigent point vers *F*. Mais, quand cet astre se trouve en *G*, par exemple, quelques-uns de ses rayons *GH* et *GI* se réfractent vers l'œil en suivant les droites *HF* et *IF*;

tandis qu'un petit nombre d'autres, tels que GK sont réfléchis par les régions supérieures de l'atmosphère. C'est alors qu'on reçoit l'impression d'une lumière foible qui augmente à mesure que le soleil s'approche de l'horizon. (551).

ARTICLE II.

DES VERRES CONVEXES ET CONCAVES.

Ces verres, qui portent aussi le nom de lentilles ou de loupes, sont ordinairement terminés par deux segmens de sphère, dont les rayons sont égaux.

Verres convexes. (Fig. 171.)

256. Un verre convexe AB, nous présente deux segmens APB et ADB, dont les bases sont en contact. Le point C est le centre du premier, et le point K est celui du second.

On donne le nom d'axe à la droite CK imaginée par les deux centres C et K.

Le foyer est le point où les rayons parallèles se réunissent en sortant du verre, et la longueur du foyer est sa distance à la surface de cette lentille.

Propriétés des Verres convexes.

257. Ils diminuent l'écartement des rayons divergens, et rassemblent tous les autres.

Soient CD et GH deux filets de lumière qui sont parallèles; KH la droite perpendiculaire au point H, ou sur la petite surface dont ce point occupe le milieu; enfin CE la droite perpendiculaire au point E.

Le rayon CD n'éprouve aucune réfraction, parce qu'il est perpendiculaire à la surface des segmens (246); mais le second GH, qui est oblique, se rapproche de la perpendiculaire HK, et prend la direction HEM (248). Ensuite il s'écarte de la per-

pendiculaire EF, en passant du verre dans l'air, de manière qu'il va couper le premier rayon CK au point I, qui est le foyer (555).

Première Expérience.

258. Quand on veut déterminer le foyer d'une lentille, on la présente aux rayons du soleil, qui sont presque parallèles, à cause de son immense distance. Ils se réunissent derrière le verre, sur une surface que l'on éloigne jusqu'à ce qu'ils forment le plus petit cercle.

On trouve que la longueur du foyer est à peu près les dix onzièmes du rayon de la sphère dont les segmens font partie.

Deuxième Expérience.

259. Les rayons divergens qui partent du foyer d'une lentille, en sortent parallèles.

AB est une loupe que l'on établit au centre d'une planche ou d'un carton, vers le milieu d'une chambre obscure. Une bougie allumée, qui est au foyer G, couvre le verre d'un cône de lumière DGF; et l'on en voit sortir un cylindre lumineux $ODFH$, composé de rayons parallèles (559) (Fig. 341).

260. Des rayons divergens CD et CE deviennent convergens, lorsqu'ils émanent d'un point C qui est plus éloigné que le foyer F (Fig. 173).

En effet, ces rayons sont moins écartés que ceux qui partent du foyer F, puisque l'angle KCG est plus petit que l'angle IFH; or ces derniers FD, FE, sont parallèles après avoir traversé le verre, et suivent les droites EM et DL (259). Les premiers, qui sont plus rapprochés, se réuniront donc en un point quelconque (122).

Aberration de sphéricité. (Fig. 172.)

261. C'est la différence des points où se réunissent les filets de lumière qui passent au travers d'une lentille.

Quand les rayons solaires IH, CE, FG, se rassemblent au

L'*iris MHP*, est percée d'un orifice *IH* que l'on nomme *la pupille*, et qui se dilate ou se contracte, pour introduire plus ou moins de lumière dans l'œil.

La rétine *NRO*, est une matière blanchâtre et molle, qui est formée de la substance médullaire du nerf optique.

On remarque dans l'œil trois humeurs qui sont l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée.

L'humeur aqueuse est un fluide qui occupe l'espace compris entre la cornée transparente et la face antérieure du cristallin *UZ*. Sa pesanteur spécifique n'est guère supérieure à celle de l'eau distillée.

Le cristallin *UZ*, est un corps lenticulaire placé derrière l'iris et vis-à-vis la prunelle *IH*; il est renfermé dans une capsule transparente, et ses deux segmens n'ont pas la même convexité.

L'humeur vitrée remplit tout l'espace qui se trouve entre le cristallin *UZ* et la rétine *NRO*; elle est contenue dans les cellules d'une membrane très-fine, à laquelle on a donné le nom d'*hyalloïde*.

L'humeur aqueuse est moins dense que les deux autres, et l'humeur vitrée l'est moins que le cristallin.

On trouve aussi des muscles dans l'œil. Ils sont au nombre de six, et produisent les divers mouvemens de cet organe.

La figure et la mollesse des parties environnantes, augmentent sa mobilité; les paupières le dérobent à l'action continuelle de la lumière; il est garanti du choc des corps étrangers par les cils ou les petits poils dont elles sont couvertes; enfin, la couleur plus ou moins foncée des sourcils, les rend propres à diminuer l'effet d'une lumière trop vive, en absorbant une partie des rayons.

ARTICLE II.

DES FONCTIONS DE L'ŒIL. (Fig. 177.)

267. Les rayons de lumière qui partent des points *A* et *B*, forment des pyramides lumineuses *AC* et *BD*, dont la base est appuyée sur la cornée transparente. S'ils alloient frapper la rétine en s'écartant ainsi les uns des autres, chacun d'eux feroit une impression trop foible pour exciter l'attention de l'ame, et ceux qui émanent du point *A*, mêlés avec les filets qui viennent de *B*, agiroient ensemble sur toutes les parties de l'organe, de manière qu'il n'y auroit aucun moyen pour distinguer le premier objet *A* du second *B*; mais les humeurs de l'œil sont distribuées avec tant de sagesse et d'intelligence, que tous les rayons de la pyramide *AC* se réunissent en un seul point *E*, pour y produire une impression forte. Ceux de la pyramide *BD* se rassemblent en *F*, et les différens points de l'objet ont leur image sur des parties séparées de la rétine, ce qui rend la vision nette et distincte.

Soient *AB*, *AC* et *AE* (Fig. 178.) trois filets de lumière; *D* le centre de la cornée transparente; *MN* le cristallin; *I* le centre de son premier segment, et *G* celui du second.

Le rayon de lumière *AE* va directement en *F*, sans éprouver de réfraction, parce qu'il est perpendiculaire à la surface de la cornée (246). Les deux autres qui passent obliquement de l'air dans l'humeur aqueuse, se rapprochent des perpendiculaires *DB*, *DC*, et par conséquent du rayon *AF* (248); ils entrent dans le cristallin qui est plus dense, et s'inclinent vers les perpendiculaires *IO*, *IP*. Enfin, sortant du cristallin pour traverser l'humeur vîtrée qui est moins dense, ils s'éloignent des perpendiculaires *QR* et *KS*, de manière qu'ils se réunissent en *F* où est l'image du point *A*.

Œil artificiel. (Fig. 179.)

268. Il est composé : 1°. d'un tube de bois ou de carton *ABCD*, qui porte un verre convexe *EF*; 2°. d'un autre tube *GHIK* qui se meut dans le premier, et dont l'extrémité est garnie d'un papier huilé *GH*.

Le verre tient lieu de cristallin, et le papier fait les fonctions de la rétine, quand il est au foyer de cette lentille. Une personne qui regarde par l'ouverture *IK*, voit en *GH* une image renversée de l'objet *ML*, parce que le verre convexe y rassemble tous les rayons de chaque pyramide lumineuse.

L'effet seroit encore le même, si l'on adaptoit une loupe au volet d'une chambre obscure. L'image des objets extérieurs se peint sur une surface blanche qu'on établit au foyer du verre convexe, et l'on distingue les traits des personnes qui sont en dehors.

269. Nous voyons les objets droits quoique leur image soit renversée dans l'œil (Fig. 177).

L'image est renversée, parce que les pyramides lumineuses *AC* et *BD*, qui partent des extrémités de l'objet *AB*, se croisent en passant dans la prunelle (215); mais nous apercevons un point quelconque sur la direction du faisceau de lumière qui entre dans l'œil (214). Nous verrons donc la pointe de la flèche sur la pyramide *ECA*, c'est-à-dire, vers le haut, et l'extrémité *B* vers le bas, sur la pyramide *FDB*.

270. Un objet qui se peint dans les deux yeux, ne paroît pas double (fig. 180).

On explique ce prénomène en supposant que les fibres qui tapissent le fond de nos yeux, sont égales dans chacun d'eux, et disposées de la même manière. Quand les images d'une flèche *AB* tombent sur des parties semblables *FH* et *CE*, les deux impressions qui en résultent sont uniformes et ne produisent qu'une sensation plus forte, comme celle du son qui frappe les

deux oreilles ; mais nous verrons cet objet double, si les deux images se peignent sur des parties *HL* et *CE*, qui ne sont point analogues ou correspondantes. Il est facile de l'éprouver soi-même, en pressant un peu de côté l'un des yeux, pour lui donner une autre direction.

271. On ne cesse pas de bien voir un objet, lorsque sa distance ne varie pas beaucoup (Fig. 181).

Nous apercevons distinctement les petits objets tels que *A*, lorsqu'ils sont à 15 ou 16 pouces de l'œil, parce que les rayons de la pyramide lumineuse *EAD* se rassemblent en *B* sur la rétine. Quand l'objet se rapproche en *C*, les rayons du faisceau de lumière *ECD* sont plus divergens, et ne se réuniroient qu'au point *F*, si l'organe conservoit son premier état. Enfin, ils auroient leur point de concours en *I*, s'ils émanoient de *H*, puisqu'ils seroient moins écartés que les rayons du cône de lumière *EAD*.

On demande comment il arrive que la vision ne soit pas confuse, toutes les fois que l'objet se trouve en *H* ou en *C*? La plupart des physiciens répondent que l'œil change de forme, et que la cornée devient plus ou moins convexe.

Si les rayons ne sont point assez divergens comme en *H*, le globe de l'œil s'applatit et la convexité de la cornée diminue. Les filets de lumière *EH* et *DH* sont moins refractés, parce que leur incidence est moins oblique ; ils ont aussi moins de chemin à faire pour franchir l'intervalle qui sépare la cornée de la rétine, et dès-lors ils peuvent se réunir précisément en *B*. Au contraire, l'œil s'alonge et la cornée transparente est plus convexe, quand les rayons sont trop divergens, comme ceux qui partent du point *C*.

Le citoyen Richerand soutient que la figure de l'œil ne peut éprouver ces altérations. Mais la pupille se resserre, toutes les fois que les rayons sont trop divergens. Elle ne reçoit alors que les filets de lumière, qui se trouvent près de l'axe *CL* du cône lumineux, et qui sont moins écartés que les autres.

Cette ouverture se dilate, quand les rayons ne sont point assez

divergens, afin d'admettre ceux qui sont plus éloignés de l'axe du faisceau de lumière.

ARTICLE III.

DIFFÉRENTES APPARENCES DES OBJETS.

Les principales sont la grandeur, la vîtesse et la distance, que nous déterminons ordinairement par l'angle visuel et par celui des axes optiques.

Angle optique ou visuel. (Fig. 182.)

272. C'est l'angle formé par les pyramides lumineuses qui viennent des extrémités de l'objet, et qui se croisent au centre de la prunelle. L'angle *ACB* ou son égal *ECD* est celui sous lequel nous voyons la flèche *AB* : on l'apercevroit sous l'angle *ICH* ou *FCG* plus grand que *ECD*, si elle étoit en *K* moins éloignée de l'œil. Ainsi l'angle visuel augmente à mesure que la distance de l'objet diminue (567).

Grandeur apparente.

273. L'angle optique nous sert à mesurer la grandeur apparente des objets, lorsque nos jugemens ne sont pas dirigés par des causes étrangères.

En effet, nous jugeons de la grandeur apparente des objets par l'espace que leur image occupe sur la rétine. Or, l'image de la flèche *AB*, par exemple, est terminée par l'angle visuel *ECD*. Cet angle nous fournira donc un moyen d'estimer sa longueur.

C'est pourquoi deux objets nous paroissent égaux, si nous les voyons sous le même angle (Fig. 183). Nous croyons que le soleil *S*, et la lune *A*, sont de même grandeur ; parce que nous les apercevons sous le même angle *BCD*, quoique le premier de ces deux astres ait un diamètre beaucoup plus grand que celui du second.

274. L'angle optique n'est pas la seule règle des jugemens que

nous portons sur le diamètre apparent d'un objet : ils dépendent souvent des connoissances que nous avons acquises par l'habitude et la réflexion.

Un voyageur que vous découvrez à 200 pas, sur une route, se peint dans votre œil sous un angle deux fois plus petit qu'il ne seroit à 100 pas. Or, cet homme vous paroît toujours avoir cinq pieds de haut, parce que vous savez que c'est la taille ordinaire d'un adulte. Vous n'estimez donc plus sa grandeur par celle de l'angle optique.

Vous le prendriez pour un enfant, si vous l'aperceviez au sommet d'une tour, parce que vous n'êtes point habitué à regarder les objets de bas en haut, et que vous jugez alors de leur grandeur par celle de l'image qui se trouve au fond de votre œil.

275. Les objets nous paroissent aussi plus grands, lorsque nous les croyons plus éloignés. Vous ne confondez pas les arbustes qui vous environnent, avec les peupliers qui sont au loin dans la campagne, quoique l'image des premiers soit aussi grande que celle des autres.

Objets insensibles.

276. Un objet qui est éclairé, cesse d'être visible, toutes les fois que l'angle optique est au-dessous d'une minute. C'est pourquoi les comètes se dérobent à nos regards en s'éloignant du globe terrestre.

On voit les corps lumineux sous des angles beaucoup plus petits, et nous distinguons bien les étoiles dont le diamètre apparent n'est pas d'une seconde.

Distance respective. (Fig. 184.)

277. Nous estimons aussi l'intervalle qui sépare un objet d'un autre, par le moyen de l'angle optique. Ainsi la distance AB des étoiles A et B nous paroît deux fois moindre que ABE, parce que nous voyons le premier arc sous l'angle AGB qui est la moitié de l'angle AGE.

Si *D* et *C* étoient deux planètes, on les verroit aussi éloignées l'une de l'autre que les étoiles *E* et *A*, parce qu'on apercevroit les arcs *CD* et *AE* sous le même angle *AGE*.

Vitesse apparente.

278. Lorsque deux corps vont, l'un de *A* en *B*, et l'autre de *A* en *E* pendant le même temps, la vitesse du second nous paroît double, parce que l'angle *AGE* est deux fois plus grand que *AGB*.

Si le premier décrit l'arc *AE*, tandis que l'autre parcourt l'arc *CD* ou la droite *AD*, ces trois lignes s'offriront à nos regards sous l'angle *AGE*, et nous attribuerons la même vitesse aux deux mobiles.

Il s'ensuit qu'on ne peut juger de la vitesse réelle d'un corps *C*, quand on ne connoît que l'angle *CGD* ou les degrés de l'arc *CD*. Il faut encore avoir le rayon *CG* qui sert à déterminer la longueur de l'arc.

Mouvement insensible.

279. On ne s'aperçoit pas du mouvement d'un objet qui décrit un arc de 15 ou 20 secondes, en une seconde de temps. Les rayons de lumière émanés des extrémités de l'arc, frappent deux parties de la rétine qui sont très-près l'une de l'autre, et l'image de l'objet ne paroît pas avoir changé de place au fond de l'œil.

C'est pour cette raison que l'aiguille des heures d'une montre nous semble immobile, quoiqu'elle décrive un degré en deux minutes, ou 360 degrés en 12 heures.

Axes optiques. (Fig. 185.)

280. L'axe optique est une droite imaginée par les centres du cristallin et de la cornée.

Les deux axes *AB* et *AC* forment un angle *BAC* qui augmente à mesure que la distance de l'objet *A* diminue; et cet angle seroit *EDF* plus grand que *BAC*, si le point *A* se trouvoit en *D*.

Distance apparente. (Fig. 185.)

281. Un instinct naturel nous porte à juger que l'objet est placé vers le point *D*, où les axes *DF* et *DE* se réunissent. C'est pourquoi nous le voyons plus loin, si l'angle formé par ces deux rayons est plus petit, comme *BAC*.

282. La distance apparente est plus grande lorsque les objets sont mal éclairés, parce que nous les comparons avec les corps éloignés qui sont toujours plus ou moins sombres.

Elle augmente également, avec le nombre des corps qui nous séparent de l'objet.

L'intervalle se divise alors en plusieurs parties que l'œil saisit aisément, et dont la pensée fait une somme totale ; c'est ainsi qu'un village nous paroît moins éloigné qu'il ne l'est réellement, toutes les fois qu'il est situé au-delà d'un vallon qui échappe à nos regards.

Vue louche.

283. Nous avons la vue droite, quand les axes de nos yeux se dirigent naturellement vers l'objet que nous regardons. Une personne est *strabite* ou *louche*, si l'un de ses yeux ne se tourne pas directement vers l'objet qu'elle se propose de voir.

ARTICLE IV.

DES ILLUSIONS OPTIQUES.

284. Deux lignes parallèles *AB* et *CE*, qui ont une certaine étendue, nous paroissent convergentes (Fig. 186).

On aperçoit la distance *AC* sous l'angle *ADC*, tandis qu'on voit l'intervalle *BE* sous l'angle *BDE* ; mais ce dernier angle est bien plus petit que le premier. Les droites *AB* et *CE* nous sembleront donc s'approcher l'une de l'autre.

Applications.

1°. Une longue avenue d'arbres formée de rangs parallèles, nous paroît avoir une largeur inégale.

2°. Le plafond d'une salle ou d'une galerie s'abaisse et le pavé s'élève, parce que nous les comparons avec une droite horizontale comme *DF*, qui passe au centre de l'œil, et qui leur est parallèle.

3°. Une tour fort élevée paroît s'incliner vers celui qui regarde le sommet depuis la base. Elle penche du côté de la verticale imaginée par le centre de l'œil, et qui est parallelle à la hauteur de cet édifice.

285. Un œil *F* (Fig. 187), qui est dans le plan d'une grande ligne *ACD* fort éloignée, la voit comme un arc de cercle dont il est le centre.

Nous croyons que les divers points de la courbe sont placés à la circonférence d'un cercle dont nous occupons le centre, et que les droites *AF*, *BF* et *DF* sont égales, parce qu'il nous est impossible de remarquer leur différence, qui est très-petite relativement à ces lignes. C'est pour cette raison qu'un voyageur qui marche dans une vaste plaine, se voit au centre des objets qui la terminent.

286. Le ciel nous présente une sphère creuse parsemée d'étoiles.

Un astre nous envoie des faisceaux de lumière qui sont presque parallèles, et qui ne permettent pas d'estimer son éloignement par le secours de l'angle optique. L'intensité de la lumière ne peut diriger nos jugemens, parce que nous ignorons l'énergie qu'elle doit avoir quand elle a franchi de si grands intervalles. C'est pourquoi n'ayant aucun moyen d'apprécier la distance des étoiles ou des planètes, on se persuade qu'elle est la même pour toutes, et que ces astres brillent à la surface concave d'un hémisphère dont nous habitons le centre.

287. Le soleil paroît décrire un cercle autour du globe terrestre (Fig. 188).

Soit *A* le soleil, *BCDE* l'orbite de la terre, *FGHI* le séjour apparent des étoiles.

La terre en *D* voit l'astre du jour en *H* suivant la droite *DH*. Nous l'apercevons en *I* quand notre œil passe au point *E*. Il se trouve près de l'étoile *F*, lorsque nous sommes en *B*, de manière qu'il paroît se mouvoir d'occident en orient.

288. Tous les astres semblent tourner autour de nous, dans l'espace de 24 heures.

Soit *A* le centre de la terre; *BCDE* l'équateur du globe qui se meut d'occident en orient autour du point *A*; *FGHI* l'équateur céleste, ou le grand cercle qui est à 90 degrés de chacun des pôles du monde.

Rappelons-nous, 1°. qu'une verticale est la droite que les corps décrivent en tombant, ou bien en se précipitant vers le centre de la terre; 2°. que notre zénith est le point du ciel qui est directement au-dessus de notre tête, ou que c'est l'extrémité supérieure de la verticale prolongée vers les étoiles.

Ainsi, la verticale au point *B*, est la droite *AB*, et le zénith se trouve en *H*.

Le spectateur qui est en *E* voit l'étoile *G* à son zénith, et l'étoile *H* à 90 degrés vers l'orient, c'est-à-dire, à l'horizon. Six heures après, il arrive en *B*, et l'étoile *H* répond à son zénith; mais cet observateur se persuade qu'il est immobile en *E*, parce que les objets environnans ne changent pas de situation entr'eux, ni par rapport à son œil. Il croira donc que l'étoile *H* s'est avancée de l'est à l'ouest, et qu'elle a décrit l'arc *HG* dans l'intervalle de six heures.

C'est par une illusion de cette espèce, qu'une personne assise dans un bateau qui suit le courant d'un fleuve, s'imagine que le rivage s'enfuit derrière elle, avec une vitesse égale à celle qui l'entraîne.

De même, lorsque des nuages animés d'une grande vitesse, conservent entr'eux la même distance, nous les jugeons en repos; et la lune, dont ils s'éloignent avec rapidité, nous paroît se précipiter en sens contraire.

289. Le diamètre apparent du soleil et de la lune, est plus grand à l'horizon qu'au méridien.

Les objets nous paroissent plus gros lorsque nous les croyons plus éloignés (275); mais la distance apparente des astres qui sont à l'horizon, se trouve augmentée, 1°. parce qu'ils sont moins brillans, à cause des rayons de lumière qui se perdent en traversant les couches inférieures de l'atmosphère; 2°. parce que nous remarquons alors beaucoup de corps entr'eux et nous (282).

D'ailleurs on sait qu'un objet vu de loin, près d'un édifice, paroît être plus grand que s'il étoit isolé. Or, les vapeurs, les montagnes et les arbres produisent le même effet sur la lune et le soleil à l'horizon. Il n'est donc pas étonnant que nous les jugions plus gros, en les comparant avec ces différens objets qui nous sont familiers.

290. Une petite ligne irrégulière *ED* (Fig. 187), qui est loin de nous, paroît être un ligne droite.

Nous la prenons pour un petit arc de cercle (285), qui se confond avec sa corde ou sa tangente.

Ainsi, les globes de la lune et du soleil nous présentent une surface plane et circulaire, parce que chacun des ares de leur hémisphère antérieur a la figure d'une ligne droite.

291. Les objets d'une grandeur connue paroissent plus gros, au milieu des ténèbres de la nuit.

On les croit plus éloignés, parce qu'ils sont moins éclairés (282); mais ils forment sur la rétine une image qui n'a point diminué; il est donc naturel de penser que leur volume est plus considérable.

292. Un boulet de canon qui passe devant nous, est invisible. Ce mobile parcourt 195 mètres (100 toises) en une seconde.

Il n'est devant l'œil que pendant un moment inappréciable, de manière qu'il réfléchit trop peu de rayons pour faire une impression sensible.

293. Une tour quarrée, vue de loin, paroît être cylindrique, parce que les filets de lumière émanés des angles, ne sont point assez denses pour tracer une image de ces parties saillantes.

294. On ne s'aperçoit pas du mouvement d'un globe éloigné qui tourne sur son axe, quand il est d'une couleur uniforme.

Nous le jugeons immobile, parce que son image est toujours la même, et que, d'ailleurs, elle ne change pas de place au fond de notre œil.

Ainsi, Galilée n'auroit pas découvert la rotation du soleil qui s'achève en 25 jours 14 heures 8 minutes, s'il n'avoit pu remarquer les taches de cet astre.

295. Un charbon rouge nous présente un ruban de feu, quand il se meut devant l'œil avec beaucoup de rapidité.

L'expérience nous apprend que la durée des impressions de la lumière est de 8 ou 10 tierces. C'est pourquoi nous voyons quelquefois le soleil, après avoir cessé de le regarder. Or, le charbon rouge n'emploie que 5 tierces, par exemple, à décrire la droite AB; la première image qui est au point E, subsiste donc encore lorsque la dernière se peint en F, et la rétine est affectée comme si la longueur du mobile étoit AB (Fig. 177).

C'est par la même raison que les fusées et les mèches des bombes, nous paroissent être des arcs lumineux.

296. Les personnes qui reçoivent un coup à la tête, voyent souvent une espèce d'éclair, parce que les fibres du nerf optique sont animées d'un mouvement semblable à celui que produisent les rayons de lumière.

297. Nous avons peine à distinguer les objets, lorsque nous passons d'un lieu bien éclairé dans un autre qui est obscur.

Cela vient de ce que la prunelle se resserre quand nous sommes au grand jour, afin que l'œil ne soit pas fatigué d'une lumière

trop vive. Si nous entrons alors dans un endroit où les rayons sont beaucoup plus rares, la pupille ainsi contractée n'en reçoit point assez, pour qu'ils fassent une impression sensible. Mais cette ouverture ne tarde pas à se dilater, et l'ame s'habitue à des sensations moins fortes; elle y devient plus attentive et voit mieux les différens objets qui les excitent.

298. Quand on a les yeux baignés de larmes et qu'on regarde une bougie allumée, on aperçoit des rayons de lumière qui s'élancent hors des parties inférieures et supérieures de la flamme (Fig. 189).

Les rayons sont réfractés par les pleurs qui arrosent la cornée transparente, et le faisceau de lumière ACE se dirige vers le point H, tandis que celui qui émane de l'extrémité B, s'incline vers le point G. L'image est augmentée, 1°. d'une partie GD que nous rapportons à la base de la flamme; 2°. d'une autre EH que nous voyons près de la pointe A.

CHAPITRE VII.

DES COULEURS.

299. On ne connoissoit point, avant Newton, la théorie des couleurs que la nature étale avec tant de magnificence et de variété. Il démontra, vers 1665, qu'un faisceau de lumière blanche est composé d'un grand nombre de rayons qui ont des nuances particulières, et qui forment sept couleurs différentes bien faciles à distinguer, savoir : le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, le pourpre et le violet.

Expérience. (Fig. 190.)

300. Lorsqu'on fait passer un faisceau de lumière AB,

dans une chambre obscure, il va peindre un cercle blanc *ED* sur la surface qu'on lui oppose ; mais quand on lui présente l'angle d'un prisme de verre *CF* (Fig. 191), il en sort avec les circonstances qui suivent :

1°. Il se dilate comme un éventail, et nous fait voir une image *MN* dont les extrémités sont arrondies, parce qu'elle est formée de petits cercles qui anticipent les uns sur les autres.

2°. Le faisceau de lumière *MGN* et l'image *MN* se divisent en sept parties, dont les couleurs sont le rouge *IN*, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, le pourpre et le violet *OM*.

3°. Les rayons rouges tels que *IN*, sont ceux qui se réfractent le moins, et les violets *OM* s'éloignent plus que tous les autres de leur direction primitive *AB*.

On en conclut que les premiers sont animés d'une plus grande force, et que leurs molécules ont plus de masse que celle des autres rayons. C'est pourquoi le rouge est une couleur éclatante qui fatigue la vue, tandis que l'œil se repose avec plaisir sur le vert ou le violet.

301. La réunion des sept rayons colorés produit le blanc de la lumière solaire.

Expérience. (Fig. 192.)

Recevez sur une lentille *AB* les rayons divisés par le prisme ; ils se rassembleront au foyer *C*, et l'on verra un cercle blanc sur la surface *EF*.

Si vous éloignez ce plan, on apercevra de nouveau les différentes couleurs qui formeront un cône *GCD* ; mais elles seront dans un ordre contraire, parce que les filets de lumière se croisent au point *C*.

302. La couleur des rayons séparés par le prisme est invariable (Fig. 190).

Quand on fait en *N* une petite ouverture qui ne laisse passer que le filet rouge *IN*, il conserve sa couleur ; 1°. après avoir

traversé un second prisme, 2°. lorsqu'il est réfléchi par un miroir quelconque, 3°. en sortant d'un verre épais qui est teint en rouge; 4°. lorsqu'il rencontre une surface colorée.

303. Les rayons qui sont les plus réfrangibles, comme les verts, les bleus et les violets, se réfléchissent aussi plutôt que les autres.

Expérience. (Fig. 193.)

Présentez un prisme rectangulaire *ECD*, au faisceau de lumière *AB* qui est perpendiculaire sur le côté *CD*; les rayons se refracteront en *F* pour former une image colorée sur le plan *HG*, et les violets se trouveront en *L*, tandis que les rouges seront en *I*.

Tournez légèrement ce prisme, de manière que le cylindre lumineux *AB* fasse, avec la base *ED*, un angle d'environ 45 degrés : la plus grande partie des rayons qui se dirigeoient vers *GH*, se réfléchiront suivant la droite *FS*; et si vous les recevez sur un second prisme *MQN*, vous aurez une autre image colorée sur la surface *OP*; mais les rayons violets sont les premiers qui disparoissent en *L* pour se montrer vers le point *T*, et les rouges n'arrivent que les derniers en *R*.

Différence de lumière et de chaleur.

En présentant la boule d'un thermomètre à chacun des rayons colorés, M. Herschel a reconnu que la chaleur du rayon rouge est plus forte que celle des autres, et qu'elle diminue depuis le rouge jusqu'au violet. Mais le rayon rouge éclaire moins que l'orangé, et celui-ci moins que le vert et le jaune.

Il paroît qu'un faisceau de lumière contient des rayons de chaleur qui se dérobent à nos regards.

Lorsqu'on dirige les rayons prismatiques sur une surface *MN* (Fig. 190), et que l'on établit un thermomètre dans l'ombre, en *E* par exemple, à côté du rayon rouge *IN*; on n'y voit point de

lumière, et cependant le mercure s'élève de quelques degrés. Les rayons de chaleur, qui dilatent ce liquide, sont donc invisibles, et moins réfrangibles que les autres, puisqu'ils s'écartent moins de leur direction primitive *AD*.

Couleurs primitives et secondaires.

304. Il y a des couleurs simples ou primitives, et d'autres qui sont composées ou secondaires; les premières sont le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, le pourpre, le violet, et leurs nuances. Chacune d'elles est produite par des rayons homogènes, ou qui sont également réfrangibles.

Les couleurs secondaires résultent du mélange des couleurs simples, et sont l'effet des rayons hétérogènes ou de ceux qui ne se réfractent pas de la même manière.

On peut former des couleurs composées dont la nuance ressemble parfaitement à celle des couleurs primitives. C'est ainsi qu'on fait de l'orangé avec du rouge et du jaune; du vert avec du jaune et du bleu; du pourpre avec du violet et du bleu : mais ces couleurs factices ne sont point inaltérables comme les autres, et le prisme les décompose.

Expérience. (Fig. 194.)

On fait entrer dans une chambre obscure deux jets de lumière qu'on reçoit sur des lentilles, et sur des prismes *C* et *D* qui ont leurs angles en dehors. Une planche *EF* qui porte deux petites ouvertures *H* et *G*, ne laisse passer que le rouge de l'un des faisceaux, et le jaune de l'autre. Ces rayons dirigés vers un point *L* sur la surface *IK*, présentent une image semblable à celle qu'on se procure avec des filets orangés; mais elle devient ovale, et l'une des couleurs déborde l'autre quand on la regarde au travers d'un prisme *B* (Fig. 195).

Couleur des corps opaques.

305. Un corps est blanc, quand il nous renvoie tous les rayons

qui forment la couleur blanche ; c'est-à-dire, le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, le pourpre et le violet. Il est rouge, lorsqu'il réfléchit beaucoup de rayons rouges, en absorbant la plus grande partie des autres. Un corps absolument noir seroit celui qui se combineroit avec tous les rayons, ou qui n'en réfléchiroit point assez pour exciter une impression sensible : on ne l'apercevroit alors que par l'éclat des corps environnans.

Il n'y a point d'objet qui n'envoie dans l'œil une certaine quantité de rayons blancs, avec ceux de la couleur qui lui est propre. C'est par le moyen des premiers, que nous jugeons des saillies de la surface d'un corps : ainsi, quand on regarde un bâton de cire à cacheter, on y remarque une petite bande parallèle à l'axe, qui ne réfléchit que de la lumière blanche ; les parties voisines prennent une teinte rouge qui augmente à mesure qu'elles s'éloignent de la première.

Le cinabre (*f*) en masse est d'un rouge obscur ; mais sa couleur est plus brillante lorsqu'on en fait une poudre fine, parce qu'il y a plus de facettes capables de réfléchir des rayons blancs.

Couleur des corps transparens.

306. Un corps diaphane ou transparent est celui qui livre passage à la lumière ; il devient opaque, lorsque ses parties n'ont plus la même densité. On le prouve avec une bouteille remplie d'eau et d'huile de térébenthine. Ces deux liqueurs sont très-limpides et bien transparentes ; mais il suffit d'agiter le vase pour en faire un mélange opaque et blanchâtre. C'est par la même raison que les molécules d'eau qui forment les nuages et les brouillards, diminuent la transparence de l'air. La lumière qui passe à chaque instant d'un milieu dans un autre, éprouve alors un grand nombre de réfractions et de réflexions irrégulières qui l'empêchent de se propager en ligne droite.

(*f*) Le cinabre est une combinaison du mercure avec le soufre. Il est connu sous le nom de vermillon.

Un verre est blanc, quand ses parties solides réfléchissent des filets de lumière blanche, et que ses pores donnent passage à des rayons de même nature. Un verre teint en rouge absorbe tous les rayons, excepté les rouges qui sont renvoyés par ses molécules, ou qui passent au travers de sa masse. C'est pourquoi les objets que nous regardons avec un verre de cette espèce, nous paroissent rouges. En général, un verre épais et coloré ne laisse passer et ne réfléchit que les rayons de sa couleur, parce qu'il se combine avec la plus grande partie des autres.

Cependant le citoyen Monge s'est aperçu que des corps blancs, et d'autres qui sont rouges, paroissent quelquefois blancs, quand on les regarde avec un verre rouge; il explique ce phénomène d'une manière fort ingénieuse, en l'attribuant à une cause morale.

Les objets nous renvoient, non seulement des rayons de leur couleur, mais encore de la lumière blanche qui rend les couleurs plus éclatantes, et qui nous fait juger de l'obliquité des surfaces; mais lorsqu'on emploie des verres qui ne transmettent que des rayons rouges, ces filets de lumière sont les seuls qui dirigent nos jugemens sur l'inclinaison des faces d'un corps et sur l'éclat de sa couleur. Nous serons donc naturellement portés à les prendre pour les rayons blancs dont ils remplissent les fonctions; et comme tous ceux qui entrent dans l'œil, nous affectent de la même manière, nous les confondrons avec des faisceaux de lumière blanche.

Couleur bleue du ciel.

307. L'atmosphère nous renvoie une partie des rayons qui sont réfléchis par la surface de la terre et des objets environnans; mais les filets de lumière qui nous procurent les sensations du bleu, du pourpre et du violet, se réfléchissent plus facilement que les autres (303). Notre œil reçoit donc une plus grande quantité de ces rayons, dont le mélange produit la couleur azurée du ciel.

Couleur de la lune à l'horizon.

308. La lune et le soleil nous paroissent très-rouges à l'horizon, parce que les filets de lumière traversent les couches inférieures de l'atmosphère, qui sont plus denses et plus chargées de substances étrangères. La plupart des rayons sont arrêtés dans leur course, et les rouges qui ont plus de force, triomphent plus aisément de la résistance de l'air.

Ombres colorées.

309. Les ombres sont colorées quand le soleil est près de l'horizon; et celles qui tombent sur un fond blanc, sont d'un bleu très-vif.

La surface qui reçoit l'ombre, est éclairée par l'astre du jour et par les rayons bleus que renvoie l'atmosphère; mais le corps opaque intercepte les rayons solaires. La partie qui est dans l'ombre n'est donc frappée que des autres qui lui donnent une couleur azurée.

Cette explication est du célèbre Léonard de Vinci, peintre italien, mort entre les bras de François Premier.

Les rayons de la lune, la flamme de l'esprit-de-vin, celle de l'huile, et les nuages éclairés par le soleil, forment aussi des ombres qui varient par la couleur.

Anneaux colorés.

310. Quand on applique sur un fond noir, deux verres très-peu convexes, et qu'on les presse l'un sur l'autre, on remarque, vers le milieu, c'est-à-dire au point de contact, une tache noire entourée de plusieurs anneaux diversement colorés, et séparés les uns des autres par des cercles blancs. Les couleurs sont disposées dans l'ordre qui suit, en les comptant du centre à la circonférence : noir, bleu, blanc, jaune, rouge; violet, bleu, vert, jaune, rouge.

Le corps noir qui est sous les deux verres, absorbe la lu-

mière qui les pénètre, et l'œil n'est affecté que par celle qu'ils réfléchissent; on voit une tache obscure à l'endroit où ils se touchent, parce que cette partie des verres ne renvoie presque point de lumière; mais la couche d'air qui se trouve entr'eux, arrête un certain nombre de rayons, et l'on aperçoit des anneaux dont la couleur change avec l'épaisseur des lames du fluide interposé.

311. Si vous enlevez ces deux glaces, et que votre œil reçoive la lumière qui les traverse, vous observerez près du centre un cercle blanc, au lieu d'une tache noire; les intervalles qui séparoient les anneaux colorés vous offriront les couleurs suivantes : rouge, noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge, violet, bleu, vert.

On remarque un phénomène semblable dans les bulles que l'on souffle avec de l'eau de savon. Le fluide qui s'écoule de tous côtés, diminue l'épaisseur de ces globes, et change la couleur des anneaux qu'ils nous présentent.

C'est d'après ces observations que Newton attribue la couleur des corps à la densité des lames qui les composent, et qui les rendent propres à transmettre, ou bien à renvoyer certains rayons, plutôt que d'autres. Les physiciens modernes regardent ce phénomène comme un effet de l'attraction qui s'exerce entre les molécules des corps et celles de la lumière. Ainsi, les fleurs de violette ont moins d'affinité pour les rayons bleus que pour les autres. Ces derniers se combinent avec elles, et les premiers se réfléchissent.

Couleurs accidentelles.

312. On appelle ainsi des couleurs dont l'idée peut naître ou se conserver, sans la présence des objets qui l'excitent.

Quand on ferme les yeux, ou qu'on entre dans un lieu fort obscur, après avoir fixé le soleil couchant, on voit encore l'image de cet astre, qui est successivement blanche, jaune, rouge, verte, bleue, violette et noire.

L'impression que le soleil produit sur la rétine, existe encore lorsqu'on cesse de le regarder ; mais elle ne tarde pas à s'affoiblir par degrés, et nous avons la sensation du blanc, tant que le nerf optique est fortement ébranlé ; celle du jaune et du rouge, quand il l'est un peu moins ; enfin celle du violet et du noir, lorsqu'il ne l'est presque plus.

Si vous regardez longtemps un petit quarré de papier rouge sur un fond noir, vous apercevrez, autour de cette figure, une espèce de couronne qui est d'un vert foible ; et si vous portez l'œil sur un papier blanc, vous y verrez un quarré d'un vert tendre qui tire un peu sur le bleu.

Œpinus, Buffon, et Scherfer professeur de physique à Vienne, ont fait un grand nombre d'observations sur les apparences de ces couleurs imaginaires ; le tableau suivant nous présente le résultat de leurs expériences.

Le rouge naturel produit le vert accidentel.
Le jaune . . . . . le bleu.
Le vert. . . . . le pourpre.
Le bleu. . . . . le rouge.
Le noir . . . . . le blanc.
Le blanc . . . . . le noir.

On voit que le blanc produit le noir accidentel ; c'est-à-dire, qu'après avoir considéré pendant quelque temps un quarré blanc sur un fond noir, on apperçoit un quarré de couleur noire en jetant les yeux sur un papier blanc. Voici comment on explique ce phénomène (Fig. 196).

La partie *BC* de la rétine, où se trouve l'image du quarré blanc, est pour ainsi dire fatiguée par le grand nombre des rayons qui la frappent ; et les autres parties ne reçoivent de la surface noire, qu'une très-petite quantité de lumière. Si vous regardez alors un papier blanc, les pyramides lumineuses agiront fortement sur les fibres qui sont encore fraîches, tandis qu'elles feront une impression très-légère sur la partie *BC* qui est devenue pres-

que insensible, et qui, dès-lors, est affectée comme si elle étoit devant un quarré noir égal au premier.

Quand la figure est verte sur le fond noir, on en voit une pareille sur le papier blanc ; mais elle est de couleur purpurine. Les fibres de *BC*, fatiguées par la couleur verte, ne sont plus sensibles aux rayons verts qui émanent de la surface blanche. Cette partie de l'œil n'éprouve alors que l'impression des six autres filets de lumière, ou celle de tous les rayons moins le vert, ce qui donne un pourpre foible.

Diffraction de la lumière. (Fig. 197.)

313. C'est l'inflexion des filets de lumière, qui rasent la surface d'un corps opaque. Ils s'éloignent de leur direction primitive, de manière qu'il en resulte une ombre plus grande, et terminée par des couleurs semblables à celles du prisme.

Soit *EFKI* un petit faisceau de lumière qui entre dans une chambre obscure, et *ABCD* la coupe d'un fil de métal qu'on lui présente. Si vous recevez l'ombre *MH*, sur un plan quelconque, vous la trouverez plus grande qu'elle ne devroit l'être, et vous remarquerez près de ses bords des franges de lumière colorée, telles que *GH* et *ML*.

Il y a des physiciens qui prétendent que les corps sont environnés d'une atmosphère particulière, qui n'est pas de même densité que l'air, et que les rayons de lumière se réfractent en la traversant.

Des objets qu'on voit au travers d'un prisme. (Fig. 198.)

314. Quand on regarde un corps blanc *DB* à travers un prisme *FEH*, les deux bords opposés et parallèles à la longueur de l'instrument, sont ornés de couleurs différentes, si l'objet se trouve un peu grand et qu'il soit vu de près.

Les faisceaux de lumière *DG* et *BG* se réuniroient en *G*, sans l'interposition du prisme *FEH* ; mais ils se réfractent en passant

dans le verre, et les rayons rouges du premier suivent la droite *IPK*, tandis que les violets, qui sont plus réfrangibles, prennent la direction *MRO*. Celle des cinq autres est comprise entre les points *O* et *K*.

Les rayons rouges du faisceau *BG* parcourent la droite *IQL*, et les violets se dirigent sur la droite *MTN*, de sorte que les autres sont entre les points *N* et *L*.

L'image *KN* est rouge en *K* et violette en *N*; orangée vers le point *S*, et de couleur purpurine en *U*; jaune en *Z* et bleue vers *X*.

On ne distingue pas les autres couleurs qui anticipent beaucoup les unes sur les autres. Le milieu *QL* est blanc, parce qu'il reçoit les sept espèces de rayons homogènes (301).

Aberration de réfrangibilité. (Fig. 199.)

315. C'est la différence des points où se réunissent les rayons colorés qui sortent d'un verre convexe.

Soient *HG*, *CA*, et *DB* trois faisceaux de lumière parallèles, et qui passent au travers d'une lentille *AB*.

Le premier, qui est perpendiculaire à la surface du verre, ne se réfracte pas; mais les deux autres s'éloignent de leur direction primitive, et les rayons rouges de chacun d'eux, tels que *AE* et *BE*, s'en écartent le moins (300); Ils rencontrent *GH* au point *E*, tandis que les violets *AF* et *BF* qui sont plus réfrangibles, vont concourir en *F*.

Les autres se rassemblent dans l'espace intermédiaire *EF*, où l'on voit plusieurs images, comme *LM*. Elles sont environnées de franges dont le violet et le pourpre sont les couleurs dominantes, parce que les rayons *AF* et *BF* se prolongent vers les bords *M* et *L*.

CHAPITRE VIII.

DES INSTRUMENS D'OPTIQUE.

316. Ces divers instrumens, nés du hasard et de l'industrie, ont augmenté les jouissances de l'homme, en lui découvrant une foule d'objets intéressans qui se déroboient à ses regards par leur éloignement ou leur petitesse. Nous indiquerons la structure et l'usage de ceux qui peuvent soulager nos besoins ou favoriser l'étude de la nature.

ARTICLE PREMIER.

DES LUNETTES SIMPLES ET DES MULTIPLIANS.

Les lunettes simples sont des verres convexes ou concaves. On connoît leurs propriétés depuis le treizième siècle, et l'auteur de cette invention paroît être un citoyen de Florence, mort en 1317.

Lunette convexe. (Fig. 200.)

317. L'image est plus éloignée que l'objet, quand elle se trouve derrière le verre.

Soient AB et AC, des rayons de lumière qui émanent du point A; le premier qui est perpendiculaire à la surface du verre, ne se réfracte pas; mais le second se rapproche de celui-ci (257), en suivant la droite CE qui rencontre le prolongement de AB au point G. Nous verrons donc l'image du point A en G, c'est-à-dire, à l'endroit où se réunissent les rayons qui entrent dans l'œil (214).

318. L'image est alors plus grande que l'objet (Fig. 201).

Si l'on supprimoit le verre IK, l'œil en C verroit la flèche AB sous l'angle ACB; il ne recevroit pas les pyramides lumi-

neuses AF et BF; mais la lentille diminue l'écartement de ces faisceaux de lumière, qui prennent les directions EC et DC (257). Ils arriveront donc au point C, et l'on apercevra l'image sous l'angle ECD plus grand que ACB.

Elle sera GH, par exemple, puisqu'elle est plus éloignée que la flèche AB (317).

Clarté de l'objet.

319. Les verres convexes diminuent l'écartement des rayons de lumière, et font entrer dans l'œil une partie de ceux qui passeroient à côté de cet organe; c'est pourquoi l'on peut dire qu'ils augmentent la clarté de l'objet. Cependant, il y a beaucoup de rayons qui sont réfléchis par la surface du verre; d'autres sont absorbés dans l'intérieur, ou se dispersent en pénétrant dans l'air, et toutes ces pertes sont à peine compensées par la réunion des filets de lumière (568).

Les Presbytes.

320. Une lunette convexe est nécessaire aux vieillards et aux presbytes, c'est-à-dire, à ceux qui n'ont pas l'œil assez réfringent. Ces personnes voient bien les objets éloignés qui lancent des rayons très-peu divergens (213); mais elles n'ont qu'une vision confuse des objets placés à 8 ou 10 pouces de distance, parce que les filets de lumière trop écartés frappent le fond de l'œil, avant qu'ils soient réunis; elles se servent de verres convexes qui rendent les rayons de chaque faisceau moins divergens, et qui les font concourir sur la rétine.

La Cataracte.

321. C'est le nom qu'on donne au cristallin qui devient opaque, et qu'on est forcé de supprimer. Il y a deux manières de faire cette opération : 1°. on pratique une ouverture dans le blanc de l'œil; pour introduire une aiguille avec laquelle on détache le cristallin qui tombe sous la prunelle; 2°. on coupe la cornée transparente, afin de tirer le cristallin hors de l'œil.

Les bords de cette membrane se réunissent, et le fluide aqueux se répare; mais les rayons de lumière sont alors trop divergens pour se rassembler sur la rétine, et l'on fait usage d'une lentille qui diminue leur écartement.

Lunette concave. (Fig. 203.)

322. L'image d'un point A est plus près du verre que l'objet.

Soient AC et AB, deux rayons de lumière émanés du point A. Le premier, qui est perpendiculaire à la surface du verre, ne se réfracte pas; mais le second s'éloigne de CG (263), et suit la direction BE, dont le prolongement rencontre AC en D. Nous verrons donc l'image au point D qui est moins éloigné que A (214).

323. L'image est plus petite que l'objet (Fig. 204).

Si le verre étoit supprimé, l'œil en C verroit la flèche AB, sous l'angle ACB, et ne recevroit pas les pyramides lumineuses AE et BF; mais le verre concave écarte ces deux faisceaux de lumière qui suivent les droites EC et FC (263). Nous apercevrons donc l'image sous l'angle ECF, moindre que ACB. Elle sera GH, par exemple, puisqu'elle est moins éloignée que la flèche AB (322).

Les verres concaves diminuent la clarté de l'objet, parce qu'ils rendent les rayons plus divergens, et que l'œil en reçoit alors un plus petit nombre.

Les Myopes.

324. Une lunette concave est utile aux myopes, c'est-à-dire, aux personnes qui ont l'œil trop convexe, ou les humeurs trop réfringentes.

Ils voyent bien les objets qui sont très-proches, quoique les rayons soient très-divergens; mais ils ne distinguent pas les objets éloignés, parce que les filets de lumière sont presque parallèles, et se réunissent avant d'avoir frappé la rétine. Ces personnes sont obligées d'employer un verre concave, pour écarter les rayons qui se rassemblent alors vers le fond de l'œil.

Verre à facettes, ou multipliant. (Fig. 205.)

325. Ces verres nous font voir plusieurs images d'un seul objet E que nous regardons à travers leur épaisseur.

Quand les deux faces AB et CD sont inclinées sur AD, les pyramides lumineuses EB et EC sont réfractées vers l'œil, en suivant les directions GH et IK, de manière que nous apercevons l'objet aux points M et L (214).

ARTICLE II.

DES MICROSCOPES.

Les microscopes sont des instrumens avec lesquels nous distinguons des objets imperceptibles; ils sont formés d'une lentille, ou de plusieurs combinées ensemble. Leur invention remonte à l'année 1618, et l'histoire naturelle en tire les plus grands avantages.

Microscope simple. (Fig. 206.)

326. Il est composé d'une lentille qui est très-convexe, et d'un foyer bien court.

Soit AB la lentille enchâssée dans une lame de métal CD, et EF un petit objet qui est au foyer.

Les rayons de chaque faisceau de lumière, comme AEI, sortent parallèles (259), et se réunissent facilement sur la rétine (267). D'ailleurs, ce verre augmente la convergence des pyramides lumineuses AEI et BFR (257), de manière qu'ils ont leur point de concours en S, où l'on aperçoit l'objet sous l'angle ASB ou LSM.

Si l'on regardoit cette flèche sans faire usage du verre convexe, on ne la distingueroit plus en O, parce que les rayons des faisceaux de lumière seroient trop divergens pour se rassembler au fond de l'œil; on seroit forcé d'éloigner l'objet en D,

à 19 ou 21 centimètres du point *O* (7 ou 8 pouces), et l'angle optique seroit *GSH*, bien moindre que *LSM*.

Une petite ouverture *C* (Fig. 207), pratiquée dans une carte *GH*, produit à peu près les mêmes effets. Elle ne laisse passer qu'un ou deux filets de chaque pyramide lumineuse. Vous n'êtes plus obligé de porter l'objet en *P*, afin de rendre les rayons moins divergens, et vous pouvez le voir distinctement en *O*, sous l'angle *ACB* plus grand que *ECF* (573).

Microscope composé. (Fig. 208.)

327. On y remarque ordinairement trois verres convexes. Le premier, qui est une petite lentille d'un foyer très-court, s'appelle objectif, et les deux autres se nomment oculaires. Le champ du microscope est l'étendue que l'œil embrasse, quand nous regardons au travers de ces loupes.

L'objet *AB* est un peu plus loin que le foyer de l'objectif *CD*, afin que les rayons des cônes lumineux tels que *CAD* et *CBD*, en sortent convergens (260). Ils se rassembleroient aux points *E* et *F*, et l'on auroit une grande image *EF*, sans l'interposition de l'oculaire *GH*; mais ce verre convexe diminue l'écartement des faisceaux de lumière *GEZ* et *TFH*, en augmentant la convergence des rayons qui les composent (257). Ces filets de lumière se réuniront donc aux points *L* et *M*, où se trouvera l'image *ML*.

Ils forment deux autres pyramides lumineuses *OLN* et *PMQ*. Les rayons de chacune d'elles sont parallèles, après avoir traversé le second oculaire *PN*, parce qu'il a son foyer sur *ML* (259); ces faisceaux de lumière deviennent convergens (257), et prennent les directions *NR* et *PR*. C'est pourquoi l'œil en *R* voit l'image sous l'angle *URS*, bien plus grand que l'angle *ARB*, sous lequel on apercevroit l'objet à la vue simple.

Les trois verres sont renfermés dans un tube vertical *EF* (Fig. 209), sous lequel on établit un miroir concave *ID*, qui réflé-

chit vers l'objet *A* les rayons du soleil ou la lumière d'une bougie.

Les microscopes du citoyen Delbarre, imaginés par Euler, sont les meilleurs de tous. Ils sont composés d'un objectif et de cinq oculaires qui les rendent bien supérieurs à tous les instrumens de cette espèce.

Microscope solaire. (Fig. 211.)

328. Nous devons ce microscope à Lieberkuin, membre de l'académie royale de Prusse. Il est formé d'un tube *OM* qu'on adapte au volet d'une chambre obscure, et d'un miroir plan *EF* qui se trouve en dehors.

Le tube renferme ; 1°. un verre convexe *AB* ; 2°. une petite lentille *OD*, qui est couverte d'une plaque de métal percée d'une ouverture circulaire ; 3°. une lame de verre *GH*, sur laquelle on fixe un objet transparent (Fig. 210).

Le miroir fait passer dans le tube un faisceau de lumière solaire, composé de filets parallèles que le verre *AB* rassemble au point *C*. Ils vont en s'écartant les uns des autres, parce qu'ils se croisent en *C* et que d'ailleurs ils éprouvent une inflexion particulière, en rasant le contour de l'ouverture circulaire (313). Mais les rayons de ces filets deviennent convergens, parce qu'ils émanent du point *C*, qui est un peu plus loin que le foyer de la lentille *OD* (260).

L'objet placé vers le sommet du cône lumineux *AIB*, est pénétré d'une lumière très-vive, et l'on voit une grande image bien prononcée sur une surface blanche *KL*. Une puce y paroît grosse comme un mouton (Fig. 211) ; un cheveu présente la figure d'un bâton, et des mites de fromage ressemblent à des tortues qui ont trois ou quatre pouces de longueur. On peut aisément dessiner ces différens objets derrière le plan *KL*, qui est un chassis garni de papier ou de taffetas.

Œpinus a perfectionné ce microscope, et l'a rendu propre à représenter des corps opaques.

ABCD (Fig. 212) est un tube dont l'extrémité *AB* se visse au volet d'une chambre obscure. On y remarque une loupe *EB*, un miroir plan *GH*, une lame d'ébène ou d'ivoire *OP* qui porte l'objet *ML*, enfin une petite lentille *N*.

Un miroir extérieur dirige les rayons de l'astre du jour sur le verre convexe *EB* qui en fait un cône lumineux *IFEK*. Ils frappent le miroir plan *GH* qui les réfléchit vers *ML*. Ensuite, ils sont renvoyés sur la lentille *N*, où ils se croisent pour former une grande image *RS*.

Lanterne magique. (Fig. 213.)

329. Cette machine fait voir en grand, sur une surface blanche, de petites figures peintes sur des lames de verre, avec des couleurs bien transparentes.

Elle est composée : 1°. d'une caisse *ABCD* ; 2°. d'un miroir concave *EF*, qui a son foyer en *L* ; 3°. d'une lampe ou d'une bougie allumée *G* ; 4°. d'un verre convexe *IH* dont le foyer se trouve en *M* ; 5°. d'une lame de verre *KN* sur laquelle on peint des figures qui sont dans une position renversée ; 6°. d'une seconde loupe *OR* qui a son foyer près de *IH* ; 7°. d'un carton percé d'une ouverture circulaire en *S* ; 8°. d'une troisième lentille qu'on peut éloigner ou rapprocher de la seconde, par le moyen d'un tuyau mobile.

Les rayons *LH* et *LI* qui tombent directement sur le verre *IH*, en sortent un peu convergens, et suivent les droites *HR* et *IO*, parce qu'ils émanent du point *L*, dont la distance est plus grande que celle du foyer *M* (260). Ceux qui frappent le miroir, tels que *LF* et *LE*, se réfléchissent parallèles et prennent les directions *FI* et *EH* (233). Le verre convexe les réfracte, suivant les droites *IP*, *HQ* (257) et ces filets de lumière forment avec les premiers, deux faisceaux *QHR* et *OIP*, qui traversent l'objet *KN*.

La seconde lentille *OR* a son foyer près de *IH* ; c'est pourquoi, les rayons des pyramides lumineuses *QHR* et *OIP* de-

viennent parallèles (259), tandis qu'elles se croisent au point *S*.

Enfin, la troisième loupe *UT* diminue leur écartement, et réunit les rayons dont elles sont composées (257), de manière qu'il en résulte une grande image *ZX*, sur une surface blanche que l'on établit près de *Y*.

On excite la surprise des spectateurs en leur présentant des figures mobiles, comme les ailes d'un moulin à vent, une mâchoire qui s'agite, des femmes qui saluent, ou des cavaliers qui galoppent. Il suffit de placer en *K* deux lames de verre : la première fixée dans une planche, reçoit les parties de la figure qui doivent être stationnaires ; la seconde porte celles qui sont mobiles ; on la met en mouvement par le moyen d'un cordon, ou d'une petite règle qui glisse dans une coulisse.

Les effets de cette lanterne sont encore plus étonnans, lorsqu'on y introduit les rayons du soleil, après avoir supprimé le fond *BC*, le miroir concave, la bougie et le verre *IH* auquel on substitue un papier frotté d'huile de térébenthine ; la lumière solaire, qui est beaucoup plus vive et plus dense que celle d'une lampe allumée, fournit des images bien plus brillantes.

On produit les illusions de la phantasmagorie, en combinant des verres convexes avec un miroir concave, à peu près comme dans une lanterne magique ; les images ont ordinairement la figure d'un spectre qui s'avance de loin et qui se peint sur une gaze transparente, ou même sur des vapeurs.

ARTICLE III.

DES LUNETTES D'APPROCHE, OU TÉLESCOPES A RÉFRACTION.

330. Ces instrumens nous découvrent les différentes parties des objets éloignés. Ils sont formés de quelques verres convexes ou concaves, renfermés dans un tube. On croit qu'ils ont pris naissance en Zélande, vers 1590. Les enfans d'un ouvrier s'aper-

çurent qu'ils voyoient le coq d'un clocher beaucoup plus gros qu'à l'ordinaire, en le regardant avec deux verres convexes placés à quelque distance l'un de l'autre. Ce phénomène excita la curiosité publique, et la renommée en porta la nouvelle à Galilée qui fit une lunette avec laquelle il observa les satellites de Jupiter, les taches du soleil et de la lune, l'anneau de Saturne, et un grand nombre d'étoiles.

Lunette de Galilée. (Fig. 214.)

331. Ce télescope est composé, 1°. d'un objectif convexe *DC* dont le foyer se trouve sur *EF*, 2°. d'un oculaire concave *GH*, qui a son foyer sur la même droite.

L'objet *AB* est assez éloigné pour que les cônes lumineux qui partent de chacun de ses points, soient formés de rayons très-peu divergens (213). Ceux du faisceau de lumière *CAD*, se réuniroient en *F*, sans l'interposition du verre concave; et les rayons de la pyramide *CBD* se rassembleroient en *E*. Il y auroit alors une image *EF*; mais l'oculaire *GH* diminue la convergence de ces filets de lumière, et les rend presque parallèles (263); d'ailleurs, il écarte les deux faisceaux *LFM* et *IEK*. Ces cônes lumineux suivront donc les directions *LR* et *KO*, pour entrer dans l'œil, au fond duquel ils traceront une image renversée *PS*.

On aperçoit l'objet dans sa position naturelle, puisque l'image est placée sur la rétine, comme elle le seroit à la vue simple. Il paroît plus grand, parce que l'œil nu verroit la flèche *AB*, sous l'angle *BZA* ou *TZX*, et que la hauteur de l'image seroit *TX* au lieu de *PS*.

Cette lunette a peu de champ, c'est-à-dire, que l'œil ne peut embrasser qu'une petite étendue. Les faisceaux de lumière, tels que *LR* et *KQ*, sortent de l'oculaire en divergeant, et la prunelle ne reçoit pas ceux qui émanent des extrémités d'un grand objet (565).

Lunette astronomique. (Fig. 215.)

332. Ce télescope, inventé par Képler, est formé d'un objectif *CD* et d'un oculaire *IH* qui sont deux verres convexes; leurs foyers se trouvent au même point N, et la distance de ces loupes est égale à la somme des longueurs de leurs foyers, c'est-à-dire à *EC* plus *EG*.

Les pyramides lumineuses, telles que *CAD* et *CBD*, qui viennent d'un objet très-éloigné, sont composées de rayons sensiblement parallèles; ceux de la première se réunissent en *F*, tandis que ceux de la seconde se rassemblent au point *E*, de manière que l'image est *EF*. Elle est renversée, parce que les cônes de lumière se croisent en traversant l'objectif.

Enfin, les rayons des pyramides *GEH* et *IFK* sortent parallèles de l'oculaire (259), et ces deux faisceaux de lumières qui sont presque parallèles, deviennent convergens (257); ils se coupent vers le point *M*, où l'œil voit l'objet sous l'angle *IMH*, bien plus grand que *AMB*, qui seroit l'angle optique sans l'interposition des verres.

L'image *EF* est l'objet de la vision, parce qu'elle nous envoie des faisceaux de lumière *IFK* et *GEH* qui sont composés de rayons divergens, et qui entrent dans l'œil comme s'ils partoient d'un objet réel.

Si la distance *EC* du foyer de l'objectif est trente fois plus grande que celle du foyer de l'oculaire, ou que *EG*, le diamètre apparent de l'objet sera trente fois plus grand qu'à la vue simple, et nous le verrons comme si nous en étions trente fois moins éloignés. La surface paroîtra 900 fois plus grande, puisque les surfaces des figures semblables sont entr'elles comme les quarrés de leurs lignes homologues.

Les astronomes font usage de cette lunette, parce que les astres sont des globes, et qu'il importe peu de les voir droits ou renversés (574).

Lunette terrestre. (Fig. 216.)

333. Cette lunette est composée d'un objectif *CD*, et de trois oculaires convexes. Elle nous fait voir les objets dans leur position naturelle.

Les rayons des cônes lumineux, tels que *CAD* et *CBD*, forment au foyer de l'objectif une image *EF* qui est renversée.

Ils sortent parallèles du troisième oculaire *KH*, parce qu'il a son foyer sur *EF*, (259); mais les faisceaux de lumière *GEH* et *KFI* se croisent en *L* (257). Ils traversent le second oculaire *QM* qui réunit les rayons de chacun d'eux à son foyer, où se trouve une image droite *OR*. Enfin, le premier oculaire *ZS* qui a son foyer sur *OR* rend ces rayons parallèles (259). Il diminue l'écartement des pyramides lumineuses, et les rassemble vers *Y*. C'est là que l'œil aperçoit l'image *OR* sous l'angle *ZYS*.

On ne voit pas l'objet aussi clairement qu'avec une lunette de Képler, parce qu'il y a deux oculaires de plus, qui interceptent un grand nombre de rayons.

Ce télescope augmente le diamètre apparent de l'objet, autant de fois que la distance du foyer de l'objectif contient celle du foyer de l'un des oculaires, quand ils appartiennent à des sphères égales.

Lunettes achromatiques.

334. Les rayons qui émanent d'un point de l'objet, et qui tombent sur une loupe, ne se réunissent pas tous au même endroit; ceux qui traversent les bords, ou qui sont plus éloignés de l'axe, se rassemblent plus près du verre (261). Il en résulte des images foibles qui défigurent celle qu'on doit au concours d'un grand nombre de rayons.

D'ailleurs, on sait que les filets de lumière ne sont pas également réfrangibles, et que le rouge est celui qui s'écarte le moins de sa direction primitive. C'est pourquoi les télescopes ordi-

naires nous présentent une image confuse, dont le contour est orné des couleurs de l'iris (315).

Il y a différens moyens d'éviter une partie de ces inconvéniens : 1°. on établit au foyer de l'objectif un diaphragme, c'est-à-dire, un anneau de bois ou de métal, afin d'arrêter quelques-uns des rayons qui ne se réfractent pas régulièrement ; 2°. les tubes sont noircis dans l'intérieur, pour absorber les rayons qui viennent des objets environnans ; 3°. la surface de l'objectif est petite, afin que les rayons aient à peu près le même angle d'incidence ; mais alors ce verre laisse entrer peu de lumière dans l'instrument, et l'image n'est point assez vive.

Une lunette achromatique fait voir une image nette et qui n'est point environnée de couleurs sensibles, quoiqu'on emploie de grands objectifs. La première trace de cette invention se trouve dans un mémoire d'Euler, imprimé en 1747. Dollon, savant opticien de Londres, s'empara de la théorie de cet illustre géomètre, et construisit des lunettes qui ont eu le plus grand succès. L'objectif est composé d'un verre concave placé entre deux lentilles convexes. Les diverses réfractions que la lumière éprouve, en traversant les trois verres, produisent une réunion parfaite qui anéantit les couleurs. Le premier AB (Fig. 217), et le troisième EC sont de verre commun, tandis que le second DF est de cristal d'Angleterre qui est plus réfringent.

Soient AB et CD (Fig. 218) deux rayons de lumière ; le second, qui est perpendiculaire à la surface de l'objectif, ne se réfracte pas ; mais le premier sortant du verre convexe FG, se courbe vers CD (257). La réfraction divise les filets qui le composent, et le violet, qui est le plus réfrangible, suit la droite BH, tandis que le rouge se meut sur BI. Ils passent au travers d'une lentille concave PR qui est plus dense, et qui les écarte de CDM plus qu'ils ne s'en étoient approchés, de manière qu'ils prennent les directions HL et IK. Les couleurs paroissent encore, mais elles changent de position, et le violet HL se trouve

en dehors. Enfin, le verre convexe *ON* réfractant ce rayon plus que le rouge, les réunit tous les deux au point *M* avec les autres filets colorés.

ARTICLE IV.

DES TÉLESCOPES A RÉFLEXION.

Télescopes à réflexion.

Ces télescopes sont formés de miroirs combinés avec des verres. Il y en trois principaux inventés par Gregori, Newton et Jacques Lemaire.

Télescope de Grégori. (Fig. 219.)

335. Il est composé d'un tube ouvert à ses deux extrémités, et qui renferme deux miroirs concaves *GH* et *CD*, avec deux verres convexes *EF* et *QR*. Le grand miroir *GH* est percé, vers le milieu, d'une ouverture circulaire, et l'autre *CD*, est monté sur une tige qui permet de l'éloigner ou de l'approcher à volonté.

Soient *KG* et *LH* deux faisceaux de lumière qui partent des extrémités de l'objet *AB*, et qui se croisent en entrant dans le tube (215). Les rayons de ces cônes lumineux sont presque parallèles, et se réunissent au foyer du miroir *GH*, pour y peindre une image renversée *PO*.

Ces pyramides se coupent une seconde fois en *T*, et sont réfléchies par le petit miroir *CD*. Les rayons dont elles sont composées deviennent convergens, parce qu'ils émanent des points *O* et *P*, qui sont plus éloignés que le foyer des rayons parallèles (235). Ils pénètrent le second oculaire *EF* qui les rassemble en *M*, où l'on voit une image droite *IN*; ensuite, ils traversent le premier oculaire *QR*, dont le foyer est sur *IN*. Ils en sortent parallèles (259), et les faisceaux *NQ*, *IR* se réunissent au point *S* (257), où l'œil aperçoit l'image sous l'angle *QSR*.

Télescope de Newton. (Fig. 220.)

336. Le tube ouvert à l'une de ses extrémités, contient un grand miroir concave *AB*, un petit miroir plan *GH* qui est mobile, et un oculaire convexe *LM* situé dans un tuyau latéral.

Les faisceaux de lumière *CA* et *DB*, qui viennent des extrémités de l'objet, se croisent à l'entrée du tube. Ils vont frapper le miroir concave qui réuniroit à son foyer les rayons de chaque pyramide s'il étoit seul. On verroit alors une image renversée *PR*; mais le miroir plan renvoie ces rayons sans augmenter ni diminuer leur convergence. Ils se rassemblent donc vers le point *O*, pour y former une image renversée *IK*. L'oculaire *ML*, qui a son foyer sur *IK*, rend ces rayons parallèles (259), tandis que les cônes lumineux *IL* et *KM* concourent en *S* (257), où l'on voit l'image sous l'angle *MSL*.

Télescope de Jacques Lemaire. (Fig. 221.)

337. Ce télescope, semblable à celui de Newton, est composé d'un oculaire convexe *ML*, et d'un miroir concave *EF*, qui s'incline à volonté par le moyen d'une vis *IK*.

Les faisceaux de lumière *AP* et *BR* émanés des extrémités de l'objet, se croisent en passant dans le tube; ils sont réfléchis par le miroir concave, et les rayons de chacun d'eux se réunissent au foyer, pour y former une image renversée *GH*. Ces filets de lumière sortent parallèles de l'oculaire *ML*, qui a son foyer sur *GH* (359); et les cônes lumineux *OHL*, *UGN* se rassemblent en *S* (257), de sorte que l'œil aperçoit l'image sous l'angle *USL*.

Elle est renversée comme dans le télescope de Newton, mais elle est plus nette et mieux éclairée, parce que les filets de lumière n'éprouvent qu'une réflexion.

Le télescope d'Herschell est de cette espèce. Il n'en diffère que par sa longueur, par le poli du miroir, par la beauté de l'exécution et par les grands effets qu'il produit.

ARTICLE V.

DES OPTIQUES ET CHAMBRES NOIRES.

Chambre obscure. (Fig. 222.)

338. Jean-Baptiste Porta, qui vivoit au seizième siècle, observa que les objets extérieurs étoient représentés sur le mur d'un appartement, quand la lumière y entroit par une petite ouverture. Depuis cette époque, on a fait des chambres noires portatives. Les plus simples nous offrent une boîte *ABCD* qui s'ouvre par devant; la partie supérieure *AD* est surmontée d'un tube *IK*, où l'on établit une loupe *OK* dont le foyer se trouve sur le fond *BC*.

Les rayons qui partent d'un objet quelconque, sont réfléchis par un miroir plan *GH;* ils se réunissent au foyer du verre convexe *OK*, et l'on peut dessiner l'image, en avançant la tête sous le rideau qui ferme l'entrée de la boîte.

Polémoscope. (Fig. 223.)

339. Cet instrument nous fait voir des objets cachés par l'interposition d'un corps opaque. Il fut imaginé par Hévélius, en 1637.

On y remarque une boîte ouverte en *AB*, et un miroir incliné *CD*. Cette glace étamée renvoie les faisceaux de lumière qui viennent de l'objet *EF;* ils suivent les droites *CS* et *DS*, pour entrer dans l'œil *S* du spectateur.

Les petites lunettes d'opéra forment une espèce de polémoscope : elles sont percées d'une ouverture latérale, et garnies d'un miroir plan *CD*, qui réfléchit les rayons de lumière vers l'oculaire *AB*. C'est pourquoi nous distinguons les objets placés à droite ou à gauche, tandis que nous paroissons occupés de ceux qui sont devant nous (Fig. 342).

Optiques. (Fig. 224.)

340. Les optiques sont des instrumens avec lesquels nous voyons un objet plus gros et plus éloigné qu'il n'est réellement.

Ils sont composés, 1°. d'une boîte *ABCD* ouverte depuis *C* jusqu'en *E*; 2°. d'un miroir plan *AF* incliné de 45 degrés; 3°. d'un verre convexe *IH*.

Quand on établit des figures horizontales sur le fond de la boîte, l'œil en *S* les aperçoit dans une position verticale, à cause du miroir (228). Leur image est très-grande et plus éloignée que *BC*, parce que les verres convexes augmentent la distance et le diamètre apparent des objets (317 et 318).

Une bille qui roule de *C* en *B*, fait une illusion singulière; on croiroit qu'elle se meut de bas en haut, contre la direction naturelle de la pesanteur.

LIVRE V.

DE L'ÉLECTRICITÉ.

341. L'ÉLECTRICITÉ est la propriété d'attirer et de repousser des corps légers; de faire une impression semblable à celle d'un vent frais; d'exhaler une odeur comparable à celle du phosphore; de lancer des étincelles et des aigrettes lumineuses; d'enflammer les matières combustibles, et de produire quelquefois des commotions violentes.

Les anciens ne connoissoient que l'attraction des corps légers. Thalès, un des sept sages de la Grèce, observa cette propriété dans le succin ou l'ambre jaune (*g*), qu'on appeloit *électron*.

(*g*) Le succin est un bitume qu'on trouve ordinairement sur les bords de la mer.

Pline et d'autres naturalistes la remarquèrent aussi dans le jayet (*h*). Gilbert, qui étoit médecin à Londres vers la fin du seizième siècle, augmenta beaucoup le catalogue des substances électriques. Otto de Guérikue en Allemagne, Boyle sur les bords de la Tamise, Nollet en France, Œpinus à Pétersbourg, et Franklin à Philadelphie, découvrirent ensuite la plupart des merveilles qui portent le nom de phénomènes électriques.

CHAPITRE PREMIER.

DES MOYENS D'EXCITER LA VERTU ÉLECTRIQUE.

342. Les principaux moyens d'électriser les corps, sont le frottement et le voisinage d'un corps électrisé.

Le verre, le diamant, l'air sec, la cire, le soufre, les résines, les gommes, l'ivoire, les crins, les plumes et le poil des animaux s'électrisent par frottement. Ces corps ne sont guère perméables au fluide électrique qui les pénètre avec beaucoup de lenteur, quand ils ne sont pas frottés ou fortement échauffés. On les appelle *idio-électriques, non conducteurs*, ou *électriques par eux-mêmes*.

On donne le nom d'*anélectriques* ou de *conducteurs* aux corps qui s'électrisent par communication. L'eau, le bois vert, les métaux, les animaux, et tous les corps humides sont de cette espèce. Ils transmettent aisément le fluide électrique qui les parcourt avec la plus grande rapidité. On les électrise en les approchant d'un corps électrisé; mais il est nécessaire de les isoler ou de les établir sur des matières électriques par frottement, comme des gâteaux de soufre ou de résine, des cordons de soie, des

(*h*) Le jayet est un bitume noir qu'on tire du sein de la terre.

tabourets soutenus par des colonnes de verre, du bois très-sec et trempé dans l'huile bouillante.

Il y a deux espèces d'électricité, qui sont l'électricité vitreuse ou positive, et l'électricité résineuse ou négative.

La première est celle que le frottement excite dans le verre ou dans les matières vitreuses. La seconde est celle que l'on obtient en frottant la soie, le soufre, la cire et les résines.

Nous verrons qu'il est facile de les distinguer l'une de l'autre, parce que deux corps se repoussent quand ils jouissent de la même électricité, tandis qu'ils s'attirent lorsqu'ils ont acquis des électricités différentes.

CHAPITRE II.

DES THÉORIES DE L'ÉLECTRICITÉ.

343. Nous pouvons les réduire à celles de Franklin, d'Œpinus et du citoyen Coulomb; mais la première n'explique pas tous les phénomènes, et la seconde suppose que les molécules des corps sont animées d'une force répulsive. C'est pourquoi l'on préfère la théorie du citoyen Coulomb, fondée sur un petit nombre d'hypothèses qui n'ont rien de contraire aux lois générales de la nature, et qui s'appliquent à tous les résultats de l'expérience.

Principes de Franklin et d'Œpinus.

344. Les molécules du fluide électrique se repoussent entr'elles, et sont attirées par toute autre espèce de matière.

Tous les corps en contiennent une certaine quantité qui dépend de leur affinité pour ce fluide; ils sont alors dans leur *état naturel*, et ne donnent aucun signe d'électricité.

On dit qu'ils sont dans un état *positif*, ou bien électrisés *en plus*, quand ils ont acquis du fluide électrique.

Enfin ; ils se trouvent dans un *état négatif*, et sont électrisés *en moins*, lorsqu'ils perdent une portion de leur fluide naturel.

Principes du citoyen Coulomb.

345. Tous les corps renferment une certaine quantité de matière électrique qui n'agit pas sur les corps environnans, et qui est connue sous le nom d'*électricité naturelle*.

La matière électrique est composée de deux fluides particuliers qui sont unis entr'eux. Le premier s'appelle *fluide vitreux*, et se dégage du verre qui vient d'être frotté ; l'autre porte le nom de *fluide résineux* ; il est fourni par la soie, le soufre, la cire et les résines.

Les molécules de chacun des fluides se repoussent entr'elles, et sont attirées par celles de l'autre fluide.

Un corps est électrisé, 1°. lorsqu'il acquiert du fluide vitreux ou résineux ; 2°. quand son électricité naturelle se décompose, et que l'un des fluides est séparé de l'autre.

On dit qu'il possède une électricité vitreuse ou positive, s'il reçoit du fluide vitreux, ou qu'il perde une portion de son fluide résineux. Il est animé d'une électricité négative ou résineuse, toutes les fois qu'on lui transmet du fluide résineux, ou qu'on lui enlève une partie de son fluide vitreux.

CHAPITRE III.

DES MACHINES ÉLECTRIQUES.

On appelle ainsi des appareils qui fournissent de l'électricité vitreuse ou résineuse. C'est pourquoi l'on distingue les machines vitreuses ou positives, et celles qui sont résineuses ou négatives.

ARTICLE PREMIER.

DES MACHINES VITREUSES OU POSITIVES. (Fig. 225.)

346. Ces instrumens sont des tubes de verre, des cylindres, ou des plateaux qui ne sont point isolés.

Hauxbée, de la société royale de Londres, fut le premier qui fit usage, en 1700, d'un tube de verre qu'il frottoit avec une étoffe de laine. Vers 1730, Hauzen, professeur à Leipsick, employoit un globe de verre qui tournoit sur son axe, par le moyen d'une manivelle ou d'une roue. Cet appareil fut bientôt connu des physiciens qui en tirèrent les plus grands avantages; mais ils furent obligés de l'abandonner ensuite, parce que les globes de verre éclatent quelquefois sous la main de celui qui les frotte. On préfère avec raison les nouvelles machines qui sont venues d'Angleterre en 1769.

Elles sont composées d'un plateau de verre AB, traversé par un axe EF auquel on adapte une manivelle. Il est soutenu par deux montans de bois DG, HI qui portent quatre coussins de cuir remplis de crin, et destinés à frotter la glace.

On établit, devant ce plateau circulaire, un cylindre de cuivre KL qui se nomme *le conducteur*, et qui est isolé sur des colonnes de verre M et N. Il est terminé vers la glace par deux branches courbes R et P qui sont armées d'une pointe.

La force d'une machine électrique dépend de la grandeur du plateau de verre et de la surface du conducteur; elle devient aussi plus énergique, lorsqu'on enduit les coussins avec une amalgame préparée de la manière suivante :

Après avoir fondu six parties de zinc et autant d'étain, on retire le creuset pour y verser douze parties de mercure; ensuite, on agite ce mélange, afin d'opérer la combinaison des métaux, et l'on en fait une poudre fine dans un mortier de fer.

Expérience.

347. On électrise le plateau de verre, en le frottant contre les coussins. Il fournit de l'électricité vitreuse au conducteur, qui est alors dans un *état positif*. L'air et les supports de verre empêchent qu'elle ne se répande au dehors, parce qu'ils ne la transmettent point aisément, lorsqu'ils sont bien secs.

Une personne qui présente le revers de la main au conducteur, en tire une étincelle et le dépouille du fluide qu'il avoit acquis ; elle reste dans son *état naturel*, parce que l'électricité passe rapidement au travers de son corps, pour se précipiter dans le sein de la terre, qui est le *réservoir commun*.

ARTICLE II.

DES MACHINES RÉSINEUSES OU NÉGATIVES.

Ces appareils sont formés de soie, de cire, de soufre, de résine, ou d'un plateau de verre qui est isolé.

On pourroit aussi faire usage d'une machine ordinaire, dont la glace seroit terne et dépolie ; le verre manifeste alors une électricité résineuse.

Globes de soufre. (Fig. 226.)

348. Otto de Guérikue est l'inventeur de ces globes qui frottent contre la main ou sur des coussins. Le conducteur *GH* établi sur des colonnes de verre, est terminé par une pointe qui se trouve à quelques millimètres de la sphère.

Œpinus et Franklin prétendent que le soufre, la soie, les résines et la cire attirent le fluide naturel du conducteur qui est alors électrisé *en moins*. Le citoyen Coulomb pense que ces différentes substances lui fournissent de l'électricité résineuse.

Plateaux isolés. (Fig. 227.)

349. Après avoir supprimé les coussins d'une machine élec-

trique, on en substitue deux autres *R* et *P*, qui ont un support de verre *AB*, et qui communiquent avec le conducteur *GH* par le moyen d'une tige de métal *AD*. Ensuite on place, vis-à-vis des coussins, une espèce de griffe *EF*, garnie d'une chaîne qui descend jusqu'à terre.

La manivelle est de verre ou de bois frit dans l'huile. Celui qui la met en jeu, monte sur un gâteau de soufre ou de résine, et l'appareil est soutenu par des colonnes de verre *MN* et *OL*.

Œpinus et Franklin prétendent que le plateau de verre attire l'électricité naturelle du conducteur isolé *GH*, pour la transmettre au réservoir commun, par le moyen de la griffe et de la chaîne *IS*. Le conducteur est alors dans un état négatif, et l'on voit briller une étincelle quand on lui présente le revers de la main, parce qu'on lui rend le fluide qu'il avoit perdu.

Le citoyen Coulomb suppose que la glace attire le fluide vitreux du conducteur, et que le fluide résineux abandonne l'intérieur de ce corps, pour se répandre à la surface.

CHAPITRE IV.

DES ATTRACTIONS ET RÉPULSIONS.

350. Gilbert et les physiciens qui l'avoient précédé, remarquèrent les attractions électriques; mais Otto de Guérikue, mort en 1686, fut le premier qui découvrit les répulsions qu'il est facile de manifester avec nos appareils.

Première Expérience.

Une petite balle de liége ou de moëlle de sureau, qui est soutenue par un fil de lin, se précipite vers le conducteur, et s'en éloigne après l'avoir touché.

Deuxième Expérience.

Si vous électrisez le petit corps, en accrochant le fil au conducteur, il s'approchera de votre main et de toute autre matière *anélectrique* (341).

Troisième Expérience.

Deux fils suspendus librement au conducteur et terminés par des balles de liége, s'écartent l'un de l'autre, quand on les électrise avec le verre ou les résines.

Quatrième Expérience. (Fig. 228.)

351. *AB* et *CD* sont deux colonnes de verre ou de cire, terminées par des boules de métal *F* et *G*, qui portent deux balles de liége *M* et *P* soutenues par des fils, et disposées de manière que leur distance soit assez petite.

Les balles *M* et *P* s'écartent l'une de l'autre, quand on touche en même temps les deux boules *F* et *G* avec un tube de verre électrisé par frotement.

Elles s'éloigneront de même, si vous employez un bâton de cire d'Espagne.

Lorsqu'on électrise la boule *F* avec un bâton de cire, et la boule *G* avec un tube de verre, les deux balles *M* et *P* s'approchent l'une de l'autre.

352. On énonce le résultat de ces expériences en disant : 1°. qu'un corps électrisé attire celui qui ne l'est pas ; 2°. qu'un corps dans son état naturel, attire ceux qui sont électrisés ; 3°. que deux corps se repoussent, quand ils ont une même électricité positive ou négative, vitreuse ou résineuse ; 4°. que deux corps s'attirent, lorsqu'ils sont animés d'électricités contraires (Fig. 343).

Moyens de reconnoître l'électricité d'un corps.

On peut employer deux appareils très-simples, imaginés par le citoyen Hauy.

Le premier est une petite aiguille de cuivre *AB*, terminée par

deux boules, et mobiles sur un pivot. Le second est un bâton de cire d'Espagne, qui porte à l'une de ses extrémités, un fil d'environ quatre ou cinq millimètres.

1°. On présente le corps à l'une des boules qui est attirée, lorsqu'il est dans un état électrique.

2°. On fournit de l'électricité résineuse au fil, en frottant la cire d'Espagne; ensuite on l'approche du corps électrisé. Il y a répulsion, quand ce dernier possède une électricité résineuse; mais le fil est attiré, si le corps a une électricité vitreuse ou positive.

Cinquième Expérience.

353. On ajuste à l'extrémité du conducteur, un grand anneau de laiton, qui est dans une position horizontale; ensuite, on établit, un peu au-dessous, une plaque de métal qui reçoit une boule de verre soufflée.

Dès qu'on électrise l'appareil, on voit le globe de verre circuler avec une rapidité plus ou moins grande, parce qu'il est successivement attiré et repoussé par le cercle de cuivre.

Sixième Expérience.

354. Lorsqu'une personne isolée s'électrise, en communiquant avec le conducteur, par le moyen d'une tige de fer ou de cuivre, elle fournit des étincelles à la main qui s'en approche; ses cheveux se hérissent, et sont attirés par les corps *anélectriques* ou *conducteurs* (342).

Septième Expérience. (Fig. 231.)

355. *BC* est une longue tige de métal, isolée par deux colonnes de verre, et qui porte des boules de liége *O* et *D*.

Quand elle se trouve près d'un conducteur *EF* chargé d'électricité vitreuse, l'extrémité *B* manifeste une électrité négative ou résineuse, tandis que l'autre extrémité *C* est animée d'une électricité vitreuse ou positive.

Les petites boules suspendues en *B*, sont attirées par un tube

de verre qu'on vient de frotter, et celles que l'on voit en *C*, sont repoussées par cet appareil.

Le fluide vitreux du conducteur *EF*, décompose l'électricité naturelle de la tige *BC*, il attire le fluide résineux vers l'extrémité *B*, et repousse le fluide vitreux à l'extrémité *C*.

Si l'électricité du conducteur *EF*, étoit négative ou résineuse, celle de l'extrémité *B*, seroit vitreuse ou positive, et l'extrémité *C* seroit dans un état négatif.

Feuilles d'or. (Fig. 229.)

356. On suspend au conducteur, une platine de métal *EF*, sous laquelle on établit une autre platine semblable *DG*, qui reçoit des corps légers, comme des feuilles d'or, du tabac sec ou de la sciure de bois.

Ces petits corps attirés par la platine *EF*, s'électrisent et sont ensuite repoussés vers l'autre, qui s'empare de l'électricité qu'ils avoient acquise ; ils se trouvent alors dans leur état naturel, et cèdent à l'attraction que la platine supérieure exerce de nouveau sur eux.

On observe 1°. que la plupart de ces corps légers sont repoussés, tandis que les autres sont attirés; 2°. que ces attractions et répulsions deviennent plus énergiques, lorsque les corps ont pour supports des substances anélectriques, comme les métaux ou les matières humides; 3°. qu'elles sont en raison inverse du quarré de la distance ; 4°. que les corps denses sont attirés et repoussés plus fortement que les autres.

Danse électrique.

Lorsqu'on fait usage d'une petite figure découpée, qui a la tête et les pieds en pointes arrondies ; on la voit sauter entre les deux platines, et tourner avec rapidité, comme un danseur qui voltige.

Carillon électrique. (Fig. 230.)

357. Une tige horizontale *AB*, surmontée d'un crochet, porte

deux boules de métal et trois timbres. Le premier *G*, et le troisième *F*, sont retenus par de petites chaînes. Des cordons de soie servent de supports aux deux boules, et au second timbre *D* qui communique avec la terre, par le moyen d'un fil de fer ou d'une chaîne *IH*.

Quand on suspend l'appareil au conducteur, les timbres latéraux s'électrisent, tandis que les deux boules et le timbre du milieu qui sont isolés, restent dans leur état naturel. Ces globules de cuivre, attirés par les timbres *F* et *G*, s'électrisent en les touchant; mais deux corps électrisés se repoussent (352). Il n'est donc pas étonnant que les deux boules s'éloignent des timbres latéraux, pour se diriger vers celui du milieu qui les attire, et qui transmet leur excès de fluide électrique au globe terrestre. Comme elles sont alors dans leur état naturel, elles sont attirées de nouveau par les deux timbres *F* et *G*, pour être repoussées ensuite; et ces alternatives continuent, tant qu'on soutient le jeu de la machine électrique.

Adhérence électrique.

358. Symmer, un des membres de la société royale de Londres, nous a fait connoître l'adhérence électrique, par une suite d'expériences publiées en 1759. Il observe que deux bas de soie, l'un blanc et l'autre noir, adhèrent fortement lorsqu'on les tire ensemble, après les avoir frottés sur la jambe. Ils ne donnent aucun signe d'électricité pendant qu'ils sont réunis; mais, dès qu'on les sépare, le blanc jouit d'une électricité positive ou vitreuse, et le noir est animé d'une électricité négative ou résineuse : ils se précipitent l'un sur l'autre, quand on les tient suspendus à quelques pouces d'intervalle.

Théorie du citoyen Coulomb.

359. 1°. Deux petits corps animés d'une même électricité, s'écartent l'un de l'autre, à cause de la force répulsive des molécules du fluide vitreux ou résineux qui les environne.

2°. Deux corps s'approchent l'un de l'autre, quand ils ont des électricités différentes ; parce que le fluide vitreux du premier, attire le fluide résineux du second, et réciproquement.

3°. Un corps léger *AB*, qui est dans son état naturel, se précipite vers un autre corps *EF* chargé d'électricité vitreuse, et s'en éloigne après l'avoir touché (Fig. 231.)

Le fluide vitreux de *EF* décompose l'électricité naturelle de *AB* ; il attire le fluide résineux autour de la partie *CB*, tandis qu'il repousse le fluide vitreux à l'autre extrémité.

L'attraction qu'il exerce sur le fluide résineux accumulé vers *CB*, surpasse la force avec laquelle il repousse le fluide vitreux répandu sur *AC*, parce que l'extrémité *CB* est moins éloignée que *CA*. Le petit corps *AB* s'élance alors vers *EF* ; mais une portion du fluide vitreux de ce dernier, s'unit au fluide résineux de *CB*. Il en résulte de l'électricité naturelle qui rentre dans *AB*, et le reste du fluide vitreux se partage entre les deux corps, de manière qu'ils se repoussent à cause de l'électricité vitreuse dont ils jouissent l'un et l'autre.

CHAPITRE V.

IMPRESSION D'UN VENT FRAIS.

360. Les corps électrisés produisent quelquefois une impression légère et semblable à celle d'une toile d'araignée, que l'on rencontre flottante au gré des zéphirs ; le fluide électrique s'échappe de leurs parties anguleuses, et l'on sent un petit vent frais qui répand une odeur comparable à celle du phosphore.

Première Expérience.

Une personne électrisée présente la pointe d'une tige de mé-

tal au visage d'une autre personne qui est dans son état naturel, et celle-ci reçoit l'impression d'un vent frais.

Deuxième Expérience.

Cette pointe repousse la flamme et la fumée d'une bougie qu'on en approche.

Troisième Expérience.

Quand la personne électrisée tient la pointe au-dessus d'un vase qui renferme de l'huile, on voit ce liquide s'abaisser vers le milieu, comme s'il étoit agité par le vent d'un soufflet.

On peut dire, avec Œpinus, que la pointe électrisée communique son état à l'air environnant. Les molécules de ce fluide se repoussent (352); elles sont remplacées par d'autres qui s'électrisent à leur tour; et ce mouvement continuel forme une espèce de courant dirigé contre la surface de l'huile, ou la flamme de la bougie.

Quatrième Expérience.

Les résultats seront encore les mêmes, si vous présentez cette pointe à la personne qu'on électrise. Elle aura l'impression d'un vent frais, et vous repousserez la flamme d'une bougie qui sera dans ses mains.

Les rayons électriques de la flamme *AB*, sont fortement attirés par la pointe *CF* qui devient le sommet d'un cône *ADB*; ils sont plus denses et plus serrés près du point *D*. C'est pourquoi les molécules de l'air y sont plus électrisées que vers la base du cône, et leur force répulsive les entraîne sur la bougie (Fig. 344).

CHAPITRE VI.

DU POUVOIR DES POINTES.

361. Le pouvoir des pointes se réduit à un petit nombre de phénomènes :

1°. Un conducteur qui est terminé par une pointe, ne s'électrise que très-foiblement.

2°. Les pointes soutirent le fluide électrique sans bruit et sans explosion.

3°. Elles attirent l'électricité, de plus loin que les corps arrondis.

4°. Plusieurs pointes réunies se nuisent réciproquement, et ne transmettent pas le fluide électrique avec la même rapidité.

Première Expérience. (Fig. 233.)

On visse à l'extrémité du conducteur une tige de cuivre terminée par une pointe fine, et l'appareil ne fournit plus que de petites étincelles.

C'est à cause de cette propriété des pointes, que l'on a soin de bien arrondir les conducteurs, et de n'y laisser aucunes parties saillantes qui répandroient le fluide électrique dans l'air.

Deuxième Expérience. (Fig. 234.)

Une pointe qu'on approche du conducteur, le dépouille de son électricité surabondante, et n'en tire point d'étincelles.

Troisième Expérience.

Une personne isolée prend une tige de cuivre terminée d'un côté par une boule, et de l'autre par une pointe : elle ne s'électrise pas lorsqu'elle tient la boule à quelques pieds du conducteur ; mais elle reçoit assez de fluide électrique pour donner des étincelles, quand elle présente la pointe a la même distance.

Quatrième Expérience. (Fig. 234.)

Une pointe *CD*, qui est près du conducteur, fait cesser les étincelles ; mais elles reparoissent, quand il y a deux tiges au lieu d'une.

Théorie du citoyen Coulomb. (Fig. 236.)

362. 1°. Les corps arrondis, ou formés de plusieurs pointes

rangées les unes à côté des autres, perdent leur électricité moins vite que ceux qui sont terminés par une seule pointe.

Supposons que le conducteur d'une machine soit chargé d'électricité vitreuse, et qu'il porte à son extrémité les deux pointes *EB* et *CF*.

Le fluide vitreux, qui tend à s'échapper des tiges *EB* et *CF*, est condensé vers les pointes *E* et *F* par la résistance de l'air. Mais ces deux aiguilles agissent en même temps l'une sur l'autre. Le fluide vitreux qui se trouve en *E*, refoule obliquement l'électricité vitreuse de la pointe *CF*, et s'oppose à son éruption naturelle, tandis que celui qui est accumulé vers *F*, produit le même effet sur l'électricité de la tige *EB*. Il est donc certain que l'écoulement du fluide électrique seroit plus rapide, si l'une de ces pointes étoit seule.

2°. Les corps arrondis, ou composés de plusieurs pointes unies entr'elles n'attirent pas la matière électrique aussi fortement qu'une seule pointe.

Quand on présente les deux aiguilles *EB* et *CF* au conducteur environné d'électricité vitreuse, il attire le fluide résineux vers l'extrémité de chacune d'elles, et repousse le fluide vitreux en sens contraire. Mais le fluide résineux de la pointe *E* refoule celui de l'extrémité *F*, et celle-ci produit le même effet sur la première. Il y a donc moins de fluide résineux vers *EF*, et dès lors il exerce une attraction plus foible sur le fluide vitreux du conducteur.

CHAPITRE VII.

DES AIGRETTES ET DES POINTS LUMINEUX.

363. Un corps électrisé par frottement ou par communication, ne peut recevoir qu'une certaine quantité de fluide électrique. Le reste passe dans l'air ou dans le globe terrestre. Il se dissipe d'une

manière insensible, quand le corps est bien arrondi. Mais il sort des parties anguleuses, sous la forme d'un cône lumineux qui porte le nom d'*aigrette*.

Ce phénomène, observé pour la première fois en 1738, devint célèbre entre les mains de Boze, professeur de physique à Wittemberg. Il publia que la tête d'une personne électrisée paroissoit environnée d'une couronne lumineuse. Tous les amateurs s'empressèrent de répéter cette expérience ; mais aucun d'eux ne put réussir, parce qu'ils ignoroient l'artifice de l'auteur qui avoit couvert la tête électrisée, d'un cercle hérissé de pointes.

Première Expérience. (Fig. 237.)

Lorsqu'on visse à l'extrémité du conducteur une tige de cuivre terminée par une pointe un peu mousse, il en sort une aigrette composée de rayons divergens qu'on aperçoit aisément dans l'obscurité.

Tous les physiciens conviennent que c'est la matière électrique qui s'échappe dans l'air.

Deuxième Expérience.

Si vous présentez la pointe au conducteur, vous ne verrez à l'extrémité qu'un point lumineux.

Œpinus et Franklin prétendent que c'est le fluide électrique du conducteur, qui pénètre dans la tige du métal ; de manière que les aigrettes annoncent l'éruption de la matière électrique, tandis que les points lumineux indiquent son entrée dans les corps.

Troisième Expérience. (Fig. 239.)

On établit sur le conducteur un pivot qui porte un fil de métal BC, dont les extrémités sont pointues et courbées en sens contraire.

La tige horizontale prend un mouvement rétrograde, et fait voir un cercle de lumière qui brille dans l'obscurité.

Vous pouvez coller sur les extrémités B et C, deux figures de chevaux qui paroîtront se mouvoir dans un manége circulaire.

Quatrième Expérience. (Fig. 238.)

AB est un vase de verre garni d'un robinet *C*, et que l'on purge d'air par le moyen de la machine pneumatique. Il est traversé par une tige pointue *ED*.

Si vous le suspendez au conducteur, vous y remarquerez une aigrette cylindrique ou composée de rayons parallèles.

364. On attribue la divergence des filets électriques d'une aigrette, à la force répulsive de leurs molécules, et à la résistance de l'air.

Le choc de ce gaz et de la matière électrique, produit la lumière et le petit bruit qui frappe nos oreilles.

Une aigrette est plus brillante lorsque vous présentez la main à la base de ce cône lumineux, parce que vous attirez un plus grand nombre de molécules électriques.

Enfin, une roue de métal, comme *ABCD*, prend un mouvement de rotation, parce que les tiges, qui jouissent de la même électricité, se repoussent entr'elles (Fig. 240).

Cinquième Expérience. (Fig. 233.)

365. Quand on visse une pointe sur le conducteur d'une machine résineuse (348), on voit un point lumineux, au lieu d'une aigrette; mais on aperçoit une aigrette, si l'on présente la pointe à ce conducteur.

CHAPITRE VIII.

DES ÉTINCELLES.

366. Otto de Guérikue, qui avoit observé la lumière électrique, la comparoit à celle des vers luisans ou du bois pourri. Dufay, membre de l'Académie des Sciences, soupçonna l'analogie de cette matière avec le principe de la chaleur.

Il eut le courage de s'électriser, et rien n'approche de la surprise qu'il éprouva, lorsqu'il vit un jet de feu sortir de ses jambes.

Pour tirer des étincelles d'un corps électrisé, il faut : 1°. que vous lui présentiez des corps électriques par communication; 2°. qu'ils soient arrondis; 3°. qu'ils ne soient pas en contact avec le corps électrisé.

Expérience.

On tient près du conducteur un tube de verre, un bâton de cire d'Espagne, ou quelques tiges pointues, et l'on n'obtient que des étincelles très-foibles, tandis qu'elles sont fortes et brillantes, quand on emploie des corps humides ou des métaux qui sont arrondis.

Tableaux électriques. (Fig. 242.)

367. Nous pouvons multiplier les étincelles par une suite de conducteurs qui ne sont pas trop éloignés les uns des autres, et dont le dernier communique avec le globe terrestre. Personne ne l'a fait avec plus de succès que Nollet. Il a su profiter de la transparence du verre pour illuminer des figures, et pour écrire en caractères de feu.

On colle sur une lame de verre, des feuilles d'étain qui ont la forme d'un lozange ou d'un quarré, Leurs angles sont opposés, et laissent entr'eux un petit espace. Le premier *A* et le dernier *B* répondent à deux boules de métal *C* et *D*. On touche l'une d'elles, pendant qu'on présente l'autre au conducteur, et l'on aperçoit une suite d'étincelles qui brillent entre chacun des quarrés.

Il est aisé de tracer ainsi toutes les lettres de l'alphabet, à moins qu'elles ne soient rentrantes, comme l'*O*, par exemple (Fig. 243). On écrit alors sur le verre une partie *FAB* de ce caractère, et l'autre *GIK* par dessous, en observant de les réunir par une petite lame d'étain *CLD*. Le premier lozange *F* communique avec la boule *M*, qui tire l'étincelle; et le dernier

K répond à la boule *N*, qu'on tient à la main, ou qui porte un fil de métal prolongé vers la terre.

On illumine aussi des figures par la méthode suivante : *AB* (Fig. 244), est une glace sur laquelle on a collé de petits quarrés d'étain, rangés en lignes parallèles. Après l'avoir établie sur un fond noir, on la couvre d'un cadre garni d'un carton, sur lequel on découpe une étoile, par exemple. Ensuite on applique sur la figure, du papier en soie, qui permet de la voir briller en traits de feu, quand on approche la boule *M* du conducteur électrisé.

Artillerie électrique. (Fig. 245.)

368. *ABC* est un cercle de cuivre qui soutient des colonnes de verre terminées par des boules de métal, et couvertes de petits quarrés d'étain. On place au centre un support de verre *EG*, surmonté d'un balancier *MN*, et d'un pivot de cuivre *GF*, qui répond au conducteur par un fil de fer.

La tige *MN* qui s'électrise est attirée par les colonnes. Elle reçoit un mouvement de rotation, et leur fournit du fluide électrique qui forme un spectacle très-agréable, en passant d'un lozange à l'autre.

Théorie du citoyen Coulomb. (Fig. 241.)

369. Quand le conducteur *AD* est chargé d'électricité vitreuse, elle attire le fluide résineux de la tige *BC* vers son extrémité *B*, tandis que celui-ci attire le fluide vitreux de *AD*. Ces deux fluides sont retenus par la résistance de l'air ; mais leur attraction réciproque augmente à mesure que la distance de *BC* diminue. Cette force est bientôt victorieuse, et les deux électricités se réunissent avec une explosion qui est accompagnée d'une lumière plus ou moins vive.

Il n'y a point d'étincelles, si la tige *BC* est de verre ou de cire, parce que le fluide électrique se meut dans ces corps avec beaucoup de lenteur, et que l'électricité vitreuse du conducteur ne peut alors décomposer leur fluide naturel.

CHAPITRE IX.

DE LA BOUTEILLE DE LEYDE. (Fig. 246.)

370. C'est une bouteille AB, qu'on remplit en partie de limaille, ou de feuilles de métal bien légères; elle est revêtue d'une lame d'étain BC, qui s'élève aux trois quarts de sa hauteur, et qu'on appelle sa garniture extérieure, tandis que des feuilles d'or ou de cuivre battu forment sa garniture intérieure. Le bouchon est traversé par une tige de métal, qui a la figure d'un crochet, auquel on visse une petite boule F. Enfin on mastique un anneau sous le fond du vase, pour y accrocher une chaîne.

Première Expérience.

On saisit d'une main la garniture extérieure, pour tirer quelques étincelles du conducteur avec la boule F; ensuite on présente l'autre main au crochet, et l'on éprouve une commotion plus ou moins forte, suivant la charge de la bouteille et la délicatesse des organes.

Plusieurs personnes qui se tiennent par la main sont frappées en même temps, si la première communique avec la garniture extérieure, pendant que la dernière porte le doigt vers le crochet. On a vu Nollet former à Paris une chaîne de six cents amateurs, et chacun d'eux recevoit une commotion très-vive.

C'est au hasard que l'on doit cette fameuse expérience, qui fut annoncée par Muschembroeck, professeur de physique à Leyde. Il se proposoit, en 1746, d'électriser une masse d'eau renfermée dans une bouteille qu'il tenoit à la main. Ce liquide répondoit au conducteur, par le moyen d'une chaîne qu'il voulut supprimer; mais il reçut dans les bras et la poitrine une secousse violente qui lui inspira la plus grande frayeur. Il écrivit à Réaumur, qu'il avoit perdu la respiration, et qu'il ne répéteroit pas cette expérience pour tous les trésors de l'univers.

En effet, la commotion électrique seroit funeste, si l'on faisoit usage de grands vaisseaux fortement chargés d'électricité ; mais elle ne peut être dangereuse, quand on n'emploie qu'une bouteille. Il est d'ailleurs très-facile de l'éviter avec un instrument connu sous le nom d'*excitateur* (Fig. 247).

C'est une tige de métal *ABC* terminée par deux boules et brisée vers le milieu, de sorte qu'on peut écarter ou rapprocher les deux branches.

Quand on applique un des boutons sur la garniture extérieure d'une bouteille, en présentant l'autre au crochet, on en tire une étincelle très-vive, et l'appareil se décharge sans affecter la personne qui s'en occupe.

Deuxième Expérience. (Fig. 248.)

On suspend la bouteille au conducteur, afin qu'elle soit isolée dans l'air, pendant qu'on l'électrise. Ensuite, on l'enlève par le moyen d'une lame de verre, d'un gâteau de soufre, ou d'un autre corps électrique par frottement ; et l'on observe qu'elle ne donne point de commotion, quand l'air est bien sec.

Troisième Expérience.

Après avoir électrisé la bouteille, on ne touche que le crochet ou la garniture intérieure, et l'on en tire une étincelle sans éprouver de commotion.

Il s'ensuit : 1°. qu'une bouteille ne se charge pas, quand la surface extérieure ne communique point avec des corps anélectriques ; 2°. que celui qui veut avoir une commotion, doit servir de communication aux deux surfaces, en touchant d'une main la garniture extérieure, pendant qu'il porte le doigt au crochet.

Quatrième Expérience.

Une bouteille qui n'a point de garniture extérieure, fait éprouver une foible commotion, lorsqu'on n'appuie qu'un doigt sur la

surface. La secousse est plus violente, quand on saisit le vase avec la main.

C'est pour cette raison que les bouteilles sont revêtues d'une feuille de métal, afin qu'en touchant la garniture, on puisse communiquer avec toute la surface qui en est couverte. Il faut que cette feuille ne s'élève pas jusqu'au sommet du vase, parce qu'elle offriroit un passage au fluide électrique, qui s'écouleroit dans les corps environnans.

Cinquième Expérience. (Fig. 228.)

Lorsqu'on présente à la boule *F* le crochet d'une bouteille chargée, le petit corps *M* est animé d'une électricité vitreuse ou positive; il est attiré par un bâton de cire que l'on vient de frotter, et repoussé par un tube de verre.

Si vous approchez la surface extérieure de la boule *G*, l'électricité du petit corps *P* sera négative ou résineuse; il sera repoussé par la cire et attiré par le verre.

Cette expérience démontre que l'électricité de la surface intérieure est positive ou vitreuse, et que celle de la surface extérieure est négative ou résineuse.

Sixième Expérience.

Après avoir électrisé une bouteille de Leyde, ôtez son crochet avec un bâton de cire d'Espagne, et couvrez-la d'un récipient que vous purgerez d'air, au milieu d'une chambre obscure.

Vous observerez que le fluide électrique s'élance hors du vase pour se courber vers la surface extérieure.

Septième Expérience. (Fig. 258.)

A et *B* sont deux platines de métal qui communiquent avec les surfaces d'une bouteille prête à donner la commotion; *D* est une boule de cuivre soutenue par un cordon de soie.

Quand ce petit corps, attiré par la platine *B*, s'est électrisé en la touchant, il est repoussé vers la platine *A*, qui le dépouille du

fluide qu'il avoit acquis, de manière qu'il frappe alternativement chacune d'elles, jusqu'à ce que la surface intérieure ait transmis son excès d'électricité positive ou vitreuse, à la surface extérieure qui étoit dans un état négatif.

Huitième Expérience. (Fig. 248.)

On charge une bouteille *AB*, dont l'anneau *C* porte une chaîne terminée par une boule, et qui descend jusqu'à terre; ensuite, on approche la boule du crochet ou du conducteur, pour en tirer une étincelle; et l'on voit la chaîne briller d'une lumière éclatante.

C'est le fluide accumulé sur la surface intérieure, qui passe rapidement à la surface extérieure.

Neuvième Expérience. (Fig. 257.)

Suspendez au conducteur une bouteille revêtue de petites lames d'étain, et terminée par une chaîne qui se prolonge vers la terre.

La chaîne et la garniture se couvrent d'étincelles, parce que la surface extérieure se dépouille d'une portion de son électricité naturelle, qui se répand dans les corps environnans.

Dixième Expérience. (Fig. 259.)

Si vous isolez une bouteille sur une colonne de verre *CD*, qui porte un cylindre de métal garni d'une pointe *A*, et que vous présentiez le crochet à une autre pointe *B*, qui est à l'extrémité du conducteur; les deux tiges *A* et *B* vous offriront des aigrettes.

Il s'ensuit qu'une partie du fluide naturel de la surface extérieure s'écoule dans l'air, pendant que la surface intérieure en reçoit du conducteur.

Onzième Expérience.

On peut tirer des étincelles d'une personne isolée qui charge une bouteille, parce que la surface extérieure lui cède une portion de son électricité naturelle.

Douzième Expérience. (Fig. 260.)

Chargez également deux bouteilles semblables *A* et *B*. Elles ne produiront aucun effet, lorsque vous mettrez en contact les deux crochets ou les deux surfaces extérieures qui sont dans le même état d'électricité positive ou négative ; mais vous recevrez la commotion, et les deux bouteilles se trouveront dans leur état naturel, si vous saisissez l'une d'elles *A* par son crochet *D*, et que vous appliquiez celui de l'autre sur la garniture *F*.

Le fluide accumulé dans la bouteille *A*, passe au travers de votre corps pour se porter à la surface extérieure de la bouteille *B*, et l'excès du fluide contenu dans l'intérieur de celle-ci, se précipite sur la surface extérieure du premier vase *A*.

Treizième Expérience.

On établit une bouteille sur un support de verre bien sec, ou sur un gâteau de soufre, de sorte que le crochet se trouve à quelques millimètres de la boule du conducteur.

Il n'y a point d'étincelles, tant que la surface extérieure est isolée ; mais si vous approchez le revers de la main, vous remarquerez une étincelle qui sort de la garniture, et une autre qui s'élance du conducteur au crochet, parce que la surface intérieure se charge à mesure que l'autre perd une partie de son fluide naturel.

Quatorzième Expérience.

On prend une bouteille par son crochet, et l'on présente la garniture extérieure au conducteur électrisé.

Cette bouteille est alors propre à donner la commotion. L'électricité de la surface extérieure est positive ou vitreuse, et celle de la surface intérieure est négative ou résineuse.

Quinzième Expérience.

Après avoir électrisé une bouteille remplie de menu plomb, on l'établit sur un support de verre bien sec, pour ôter son crochet avec un bâton de cire à cacheter. Ensuite on transvase le plomb

dans une autre bouteille isolée qui porte un entonnoir de verre, et l'on verse du nouveau plomb dans la première.

Elle donne la commotion, quoique sa garniture intérieure ne soit pas électrisée; tandis que l'autre ne fournit pas même une étincelle.

On peut en conclure que la principale vertu d'une bouteille ne réside pas dans ses garnitures.

Tableau magique. (Fig. 249.)

371. C'est un plan de glace ou de verre commun, sur lequel on a collé deux feuilles d'étain, en laissant à découvert 45 millimètres (20 lignes) de largeur, près des bords, qui doivent être bien secs. Le cadre *ABCD* porte un anneau *G* qui est en contact avec la garniture inférieure, par le moyen d'une petite lame *EF*.

Après avoir établi cet appareil sur une table, on accroche en G une chaîne qui descend jusqu'à terre; ensuite on applique sur la garniture supérieure une tige de métal, qui répond au conducteur électrisé. Alors, une personne qui touche en même temps la chaîne et la garniture supérieure, ou le conducteur, reçoit une forte commotion.

Une lame d'air, un gâteau de soufre ou de résine compris entre deux plaques de métal, produisent aussi le même effet.

Bocal électrique. (Fig. 250.)

372. C'est un grand vase de verre, dont les deux surfaces sont garnies d'une lame d'étain, jusqu'à vingt lignes près des bords. Si vous l'environnez d'une chaîne qui s'étende jusqu'à terre, et que vous établissiez dans l'intérieur une tige de métal qui touche le conducteur, pendant qu'on fait tourner le plateau; vous éprouverez une commotion violente, en servant de communication aux deux surfaces; mais, je vous conseille de recourir à l'excitateur, ou de prendre l'extrémité de la chaîne pour la présenter au conducteur.

Batterie électrique. (Fig. 251.)

373. C'est une caisse de bois *ABCD*, qui a 3 ou 4 pouces de profondeur, et dont la surface intérieure est revêtue d'une feuille d'étain qui s'avance en *F*; elle renferme des bocaux entourés d'une chaîne qui se prolonge vers le pavé. Ces vases communiquent avec le conducteur, par des tiges de métal, et produisent un grand effet qui dépend de leur nombre et de leur capacité.

On décharge l'appareil, en appliquant l'un des boutons de l'excitateur sur le point *F*, tandis qu'on porte l'autre vers le conducteur, ou vers l'une des tiges qui plongent dans les jarres.

Mine électrique.

374. On place une bouteille électrisée derrière la porte d'un appartement, de manière que le crochet se trouve dans le voisinage d'un petit levier qui tient au bouton de la clef. Ensuite, on suspend à l'anneau qui est sous le fond du vase, un fil de fer qui passe en dehors par-dessous la porte, et qu'on accroche à d'autres fils cachés sous un tapis de paille.

Celui qui veut entrer dans la chambre, communique avec la garniture extérieure, par les fils de fer qu'il foule aux pieds sans les voir; et avec la surface intérieure, par le moyen du levier qui frappe le crochet quand il tourne la clef: il reçoit alors une commotion qui est singulièrement augmentée par la frayeur dont il est saisi.

Canne électrique. (Fig. 252.)

375. *AB* est un tube de verre qui a neuf décimètres (3 pieds) de longueur; il est couvert d'une feuille de métal depuis *B* jusqu'en *F*; la partie *BF* est remplie de petites feuilles d'or ou de cuivre battu, et l'on fait descendre en *F* un bouchon de liège *H*, traversé par un fil de fer *DH*, qui est surmonté d'une chaîne à laquelle on adapte une boule *E* d'un petit diamètre. Enfin, on mastique ce tube dans un tuyeau de fer blanc *GI*, (Fig. 253), qui

à la forme d'une canne ordinaire ; il est garni d'une pomme d'ivoire, creuse et terminée par un bouton d'acier *M*.

Quand cette canne est renversée, la boule *E* tombe sur la plaque de métal *M*, qui se trouve pour lors en communication avec l'intérieur du tube ; il suffit d'appliquer le bouton *M* sur le conducteur, pour que cette bouteille de Leyde se charge d'électricité.

Si vous rétablissez la canne dans sa position naturelle, la boule *E* se précipitera sur le bouchon de liége *H*, et vous toucherez impunément la pomme et le tuyau de fer blanc ; puisque vous communiquerez seulement avec la surface extérieure ; mais vous éprouverez la commotion ; en renversant le tube ; parce que la main qui est en contact avec le bouton d'acier *M*, répond à la surface intérieure ; par le moyen de la boule et de la chaîne.

Bouteille d'Ingen-Houzz. (Fig. 254.)

376. C'est une petite bouteille *AB*, garnie comme les autres jusqu'en *C*, et dont la partie supérieure *AC* est couverte d'un vernis ou de cire d'Espagne, afin de la préserver de l'humidité qui s'attache facilement au verre.

On prend d'une main un ruban verni *CD*, et de l'autre un morceau de peau de lièvre, avec la bouteille qu'on tient de la manière indiquée par la figure 255.

Le bouton s'empare de l'électricité que la peau de lièvre excite en frottant contre le ruban ; et la bouteille est chargée, quand on a répété ces frictions une vingtaine de fois.

Bouteille de Cavallo. (Fig. 256.)

377. C'est une bouteille *AB*, revêtue comme celle d'Ingen-Houzz ; on mastique à son col un tube de verre *EF*, dont les deux surfaces sont couvertes de résine ou de cire à cacheter. L'ouverture *F* est fermée d'une lame d'étain qui communique avec la garniture intérieure de la bouteille ; et l'orifice *E* porte une boule de cuivre, d'où par une chaîne qui touche la petite plaque de métal *F*.

Après avoir chargé la bouteille, on supprime la chaîne et la boule, par le moyen d'un cylindre de verre *GH*. Cet appareil conserve alors son électricité pendant plusieurs jours, et donne la commotion lorsqu'on a rétabli la chaîne et la boule.

Théorie de Franklin.

378. 1°. Le verre est imperméable au fluide électrique, qui ne pénètre jamais son épaisseur.

2°. Il n'est aucun moyen d'ajouter à son électricité naturelle; et si l'on veut augmenter la matière électrique de l'une des surfaces, il faut que l'autre perde la même quantité du fluide qui lui est propre. C'est pourquoi les bouteilles isolées dans un air sec (Fig. 248), ne se chargent pas. Il est nécessaire que la surface extérieure communique avec les corps environnans, pour leur transmettre une portion de son fluide électrique, à mesure que la surface intérieure en reçoit du conducteur.

3°. Il est impossible d'enlever du fluide électrique à l'une des surfaces, quand l'autre ne peut en acquérir. Le crochet d'une bouteille chargée ne fournira point d'étincelles, si la surface extérieure est bien isolée.

4°. Lorsqu'une bouteille est prête à donner la commotion, la surface intérieure se trouve électrisée *en plus* ou surchargée de fluide électrique, tandis que la surface extérieure est dans un *état négatif*, ou privée d'une portion du fluide qui lui est propre.

5°. Vous éprouverez une commotion, si vous touchez en même temps les deux surfaces, parce que le fluide accumulé sur la surface intérieure, traverse avec rapidité votre poitrine et vos bras pour arriver à l'autre surface qui l'attire fortement.

Théorie du citoyen Coulomb.

379. 1°. Quand le conducteur est chargé d'électricité vitreuse, elle se répand sur la surface intérieure de la bouteille, et décompose le fluide naturel de la surface extérieure (345).

2°. Le fluide vitreux, qui fait partie de cette électricité naturelle, est forcé de s'écouler dans le globe terrestre, par le moyen de la chaîne, ou de la personne qui tient la bouteille.

3°. Le fluide résineux est retenu sur la surface extérieure, par l'attraction du fluide vitreux que le conducteur fournit à la surface intérieure.

4°. Le fluide vitreux qui s'applique à la surface intérieure, est plus abondant que le fluide résineux de la surface extérieure, puisque le premier repousse l'électricité vitreuse de cette surface, quoiqu'il agisse de plus loin que le second, qui attire la même électricité.

5°. Le fluide vitreux, que reçoit la surface intérieure, est maintenu par la résistance de l'air, et par l'attraction du fluide résineux de la surface extérieure.

6°. Le fluide qui vient du conducteur, se dissipe, et la bouteille est saturée, quand la répulsion des molécules du fluide vitreux de la surface intérieure, fait équilibre à ces deux forces.

7°. Une personne, qui touche en même temps les deux surfaces, reçoit une commotion, parce que le fluide vitreux de la surface intérieure, et le fluide résineux de la surface extérieure, décomposent l'électricité naturelle des bras et de la poitrine. Ils attirent fortement le fluide qui n'est pas de leur espèce, tandis qu'ils repoussent avec énergie celui qui est de même nature.

8.° Il est impossible de charger une bouteille isolée dans un air bien sec, parce que le fluide vitreux de la surface extérieure ne peut s'échapper.

9°. Vous n'aurez point d'étincelles, si vous présentez le doigt à la garniture extérieure d'une bouteille qui est prête à donner la commotion.

L'attraction que le fluide résineux de cette garniture exerce sur le fluide vitreux de la main, est détruite par la force répulsive de l'électricité vitreuse accumulée sur la surface intérieure.

10°. On tire une étincelle du crochet, parce que la main s'em-

pare de l'électricité vitreuse, qui n'étoit retenue que par la résistance de l'air.

La portion d'électricité résineuse, qui étoit maintenue sur la surface extérieure par l'attraction du fluide vitreux que l'on vient d'enlever, ne l'est plus que par l'air environnant. C'est pourquoi la garniture extérieure fournit alors une étincelle; et cette partie de son fluide résineux se combine avec le fluide vitreux de la main qui s'en approche.

L'attraction de ces deux fluides ne peut être balancée par la répulsion du fluide vitreux de la surface intérieure, parce qu'il agit de plus loin, et qu'il n'est pas en quantité suffisante.

Expérience. (Fig. 261.)

380. *AC* est une bouteille fort longue et revêtue par deux lames d'étain *B* et *D* qui sont égales; l'espace intermédiaire *E* n'est point recouvert, et sa largeur est de 13 ou 16 centimètres (5 ou 6 pouces). On désigne par *b* et *d*, les deux portions de la surface intérieure qui répondent aux lames de métal *B* et *D*.

Lorsqu'on saisit la garniture *D*, afin de présenter le crochet au conducteur, la bouteille se charge, et donne une commotion à celui qui touche en même temps la surface *D* et le crochet.

Si vous répétez l'expérience, et que vous électrisiez cette bouteille de la même manière, vous obtiendrez une étincelle, en appliquant les tiges d'un excitateur sur les garnitures *B* et *D*.

Les surfaces *b* et *d* sont alors électrisées, et vous éprouverez deux commotions en touchant, 1°. *B* et *G*, 2°. *D* et *G*; mais ces deux secousses auront moins d'énergie que la première.

Théorie du citoyen Coulomb.

281. Quand on tient la garniture *D*, en présentant le crochet au conducteur, il n'y a que la partie intérieure *d* qui s'électrise, parce que la surface extérieure *D* est la seule qui puisse transmettre son fluide vitreux au globe terrestre.

Cette partie *d* reçoit de l'électricité vitreuse, et l'autre *D* se

trouve chargée d'électricité résineuse, tandis que les surfaces *B* et *b* sont dans leur état naturel.

Lorsqu'on fait communiquer les deux parties extérieures *B* et *D*, par le moyen d'un excitateur, la moitié du fluide vitreux de *B* passe en *D*, et la surface intérieure *d* fournit à *b* la moitié de l'électricité vitreuse qu'elle avoit acquise. Mais celle des parties *B* et *D* est résineuse, puisque chacune d'elles vient de perdre une portion de son fluide vitreux. On aura donc une commotion si l'on touche en même temps *B* ou *D* et le crochet *G* qui répond aux deux surfaces *b* et *d*.

CHAPITRE X.

DE LA VITESSE DU FLUIDE ÉLECTRIQUE.

382. Le fluide électrique paroît animé d'une vîtesse extrême, mais l'espace qu'il décrit en une seconde, n'est pas encore bien déterminé. On sait qu'il franchit de grands intervalles en un moment inappréciable. Il est facile de s'en convaincre avec des cordes humides ou des fils de fer suspendus à des cordons de soie. L'une des extrémités répond au conducteur, et l'autre soutient une boule de métal sous laquelle on établit des corps légers, dont les mouvemens attestent la présence du fluide électrique.

En 1745, les membres de l'académie des sciences répétèrent l'expérience de Leyde, avec une chaîne de 100 personnes, et chacune d'elles reçut la commotion au même instant, quoique la matière électrique parcourût alors plus de 900 toises (1753 mètres).

Peu de temps après, des physiciens de Londres firent passer l'étincelle au travers de la Tamise. Ils attachèrent à l'un des ponts, un fil de fer isolé par des cordons de soie. Ensuite, un de ces amateurs prit d'un main l'extrémité *A* de ce conduc-

teur (Fig. 262), en plongeant une tige de métal dans la rivière ; un autre, qui étoit sur le bord opposé, toucha l'extrémité *B*, avec le crochet d'une bouteille chargée, pendant qu'il trempoit aussi une baguette dans l'eau : ces deux personnes éprouvèrent la commotion dans le même temps ; et nous devons en conclure que le fluide électrique suit ordinairement le chemin le plus court, pour arriver à la surface qui est dans un état négatif, puisquil traverse directement un fleuve, quoique l'eau soit un assez bon conducteur.

CHAPITRE XI.

DES COMBUSTIONS ÉLECTRIQUES.

383. Dufay, qui avoit observé des rapports entre le fluide électrique et la matière de la chaleur, ne fit aucune expérience décisive pour confirmer cette idée. Vers 1744, Ludolf, médecin des armées de Prusse, enflamma de l'éther avec les étincelles qu'il tiroit d'un tube ; depuis cette époque, on a trouvé le moyen d'opérer la fusion des métaux, ou de les oxider ; de faire périr les animaux, et d'embraser la plupart des substances combustibles.

Esprit-de-vin.

Il y a plusieurs manières d'allumer l'esprit-de-vin contenu dans un vase de métal un peu large.

1°. On suspend au conducteur une tige arrondie sous laquelle on apporte la surface du liquide, et l'étincelle qui part de la boule, suffit pour l'enflammer.

2°. Une personne électrisée présente le doigt à cette liqueur ;

3°. Elle tient le vase, pendant qu'une autre personne tire une étincelle du liquide.

Il faut avoir soin de chauffer un peu l'esprit-de-vin, quand il n'est pas très-pur.

Le coton.

On enveloppe une des boules de l'excitateur avec du coton et de la colophane qui s'allument quand on emploie cet instrument pour décharger une bouteille de Leyde.

Le carton ou le papier.

Lorsqu'on fait passer l'étincelle d'un bocal, au travers d'un petit cahier de papier qui touche la garniture extérieure, les feuilles sont percées d'une ouverture, et répandent une odeur semblable à celle du soufre ou du phosphore.

Feuilles d'or. (Fig. 263.)

On place une feuille d'or entre deux glaces renfermées dans une petite presse de bois; l'une des extrémités de cette feuille est en contact avec la garniture extérieure d'un bocal, et l'autre communique avec une tige de l'excitateur. On dirige par ce moyen l'étincelle au travers du métal qui se réduit en poudre, et s'incruste dans le verre.

Vous pouvez graver ainsi une figure découpée. Il suffit de la couvrir de feuilles d'or, et de l'établir entre deux cartes appliquées sur les glaces..

Fil de fer. (Fig. 264.)

AB est un fil de fer très-mince, et tiré par deux pinces arrondies *F* et *C*. La première *C* est appuyée contre la garniture extérieure d'un bocal, tandis que l'autre *F* se trouve en contact avec l'une des branches de l'excitateur : on fait passer l'étincelle au travers de ces pinces, et le fil se fond en petits globules noirs qui sont du fer oxidé.

Animal foudroyé.

On attache un oiseau, sur la tige qui sert de communication, entre le conducteur et la surface intérieure d'un bocal; ensuite,

après avoir bien chargé l'appareil, on porte un des boutons de l'excitateur sur la garniture extérieure du vase, et l'autre sur la tête de l'animal; il éprouve une commotion violente qui le tue sur le champ.

Pistolet de Volta. (Fig. 265.)

C'est un vase *ABCE* de cuivre ou de fer blanc. Il est traversé par un tube de verre *FG*, dans lequel on mastique une tige de métal *IH*, qui s'avance à quelques lignes près des parois *AB*.

On le ferme d'un bouchon de liége, après y avoir introduit de l'air inflammable; ensuite on présente la boule *H* au conducteur, pour en tirer une étincelle qui éclate vers le point *D*; elle allume le gaz hydrogène, et produit une explosion très-forte.

L'air inflammable forme de l'eau, en se combinant avec le gaz oxigène renfermé dans le pistolet. Il ne brûleroit pas sans le secours de ce fluide élastique; c'est pourquoi l'on est quelquefois obligé d'ouvrir le vase et de l'agiter, pour y faire passer de l'air atmosphérique.

On remplit ces appareils avec une lampe à air inflammable, ou par le moyen d'une vessie pleine de ce gaz, et terminée par un robinet qui porte une espèce de canule à vis.

Expérience.

Quand on frappe une personne isolée avec une peau de lièvre ou des queues de renard, elle s'électrise et fait détonner un pistolet de Volta, qu'on lui présente.

Décomposition de l'Eau. (Fig. 266.)

ABCE est un vase de cuivre dont le support est creux; il est surmonté d'un tube de verre *ON*, et garni des robinets *L* et *N*.

Après avoir plongé le pied dans une cuvette qui renferme de l'eau bien pure, on aspire en *G* l'air contenu dans le vase, et la pression de l'atmosphère le remplit de ce liquide.

On établit la tige *R* contre la garniture extérieure d'un bocal,

et quand il est bien chargé, on fait passer l'étincelle au travers de l'eau, en appliquant une des branches de l'excitateur sur la boule *H*, et l'autre sur le conducteur de la machine électrique.

Ce liquide se décompose, et le tube *ON* se remplit d'air vital et de gaz hydrogène, lorsqu'on répète cette expérience un certain nombre de fois.

Expérience. (Fig. 267.)

384. *AB* est une platine de métal, isolée par une colonne de verre, et qui porte deux pistolets de Volta, entre lesquels on place une bouteille électrisée.

Le premier *F* détonnera, si vous tirez une étincelle du crochet *G*, avec une tige arrondie que vous présenterez au bouton *C*. Une seconde étincelle produira le même effet sur l'autre pistolet. Il semble qu'on apporte, à chacun d'eux, l'électricité qu'on vient d'enlever à la surface intérieure de la bouteille.

Théorie du citoyen Coulomb.

En tirant une étincelle du crochet de la bouteille, on supprime une portion de l'électricité qui repoussoit le fluide vitreux des pistolets, et qui l'empêchoit de se combiner avec le fluide résineux de la surface extérieure. Ces deux fluides s'unissent entre eux, de manière que les pistolets isolés se trouvent dans un état négatif. Ils attirent le fluide vitreux de la tige ou du doigt qu'on en approche, et l'on voit briller une étincelle qui allume le gaz hydrogène.

CHAPITRE XII.

DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LE VIDE.

385. L'air sec est un mauvais conducteur, et le fluide électrique se meut beaucoup plus aisément dans le vide. On peut s'en convaincre avec des vases purgés d'air qui offrent à nos regards des

gerbes de feu, des cascades lumineuses, et des colonnes resplendissantes.

Tube à robinet. (Fig. 268.)

Après avoir supprimé une partie de l'air enfermé dans un tube de verre, qui est terminé par un robinet *D*, et par une virole arrondie *G*, on présente cette espèce de boule au conducteur, pour en tirer des étincelles, et le tube se remplit d'une lumière purpurine qu'on aperçoit aisément dans une chambre obscure.

Il faut saisir le tube par l'extrémité *C* qui porte une chaîne prolongée vers la terre.

Soleil électrique. (Fig. 269.)

Il est composé de quelques tubes de verre qu'on a purgés d'air, et qui sont exactement fermés. Ils sont fixés dans un cercle de métal *F*, et sur un anneau de cuivre *BCDE*; on les voit briller d'une lumière éclatante quand on électrise l'anneau circulaire, et qu'on tire des étincelles du centre *F*.

Cascade lumineuse. (Fig. 270.)

On établit, sur la machine pneumatique, un récipient surmonté d'une boîte à cuirs, et dont les bords sont environnés de cire molle. La tige *AD* soutient une platine de cuivre *EF*, située vers le haut du vase. Quand on a fait le vide, et qu'on approche la boule *A* du conducteur, on aperçoit, dans l'obscurité, des rubans de feu qui forment une cascade lumineuse entre les deux platines.

Matras lumineux. (Fig. 271.)

CD est une bouteille pleine d'eau jusqu'aux deux tiers, et mastiquée au sommet d'un récipient ouvert. Elle porte une tige de métal *AB* que l'on électrise après avoir supprimé l'air intérieur de la cloche.

Le récipient se remplit d'une lumière très-vive, lorsque cette bouteille est prête à donner la commotion, et que l'on fait communiquer la tige *AB* avec la platine *EF* de la machine pneuma-

tique. Le fluide électrique parcourt l'intérieur de la cloche, en s'élançant du crochet à la surface extérieure.

Il est à propos de tenir une des branches de l'excitateur sur la platine, et l'autre à quelques pouces de la tige *AB*, pour avoir une explosion spontanée, toutes les fois que la charge du matras *CD* est suffisante. Cette précaution est nécessaire pour empêcher le vase d'éclater sous les yeux des spectateurs.

CHAPITRE XIII.

DE L'ANALOGIE DU FLUIDE ÉLECTRIQUE AVEC LE CALORIQUE ET LA LUMIÈRE.

386. Le fluide électrique embrase les corps et fond les métaux, comme le principe de la chaleur. Il se montre sous la forme d'aigrettes et d'étincelles aussi brillantes que la lumière; c'est pourquoi les physiciens regardent ces trois substances comme les différentes modifications du même être.

1°. Le fluide électrique n'est pas moins répandu que le calorique et la lumière, puisqu'on peut électriser tous les corps.

2°. On excite l'action du calorique, et celle du fluide électrique, par des moyens semblables, qui sont le frottement et la communication.

3°. Ils se meuvent l'un et l'autre dans les métaux et les corps humides, avec plus de facilité que dans le verre ou le bois sec.

4°. Ils ont, pendant l'hiver, et quand l'air est dense, beaucoup plus d'énergie que durant les grandes chaleurs, ou par un temps humide.

5°. Le fluide électrique et la lumière franchissent les plus grands intervalles avec une rapidité incroyable.

Il faut cependant avouer qu'il y a quelques différences entre la matière électrique, et le calorique ou la lumière.

1°. Le fluide électrique exhale une odeur sensible qui n'appartient point au calorique ni à la lumière.

2°. Le calorique pénètre les grosses masses avec lenteur, et la matière électrique les parcourt avec une célérité surprenante.

3°. Ces corps échauffés refroidissent lentement, tandis qu'ils perdent en un instant leur électricité quand ils communiquent avec le globe terrestre.

4°. Le verre que la lumière pénètre avec la plus grande facilité, est presque imperméable au fluide électrique, sans le secours du frottement.

5°. Les corps échauffés ou lumineux ne manifestent point les attractions et répulsions électriques.

CHAPITRE XIV.

DES CONDUCTEURS ATMOSPHÉRIQUES.

387. En 1752, Franklin soupçonna qu'une pointe élevée sur le sommet d'un édifice, pourroit soutirer l'électricité des nuages. Un citoyen français, nommé Dalibard, se chargea de vérifier cette conjecture, et le succès de son entreprise fait une époque à jamais mémorable dans les fastes de la physique.

Il plaça dans son jardin, près de Paris, une tige de fer pointue *CD*, qui avoit 13 mètres (40 pieds) de hauteur (Fig. 272); elle étoit soutenue par un cylindre de métal *AB*, isolé sur des colonnes de verre. Un militaire intrépide se chargea d'en tirer des étincelles, quand on seroit menacé d'orage.

Le 10 mai, sur le soir, un coup de tonnerre se fit entendre; et ce nouveau Prométhée courut à l'appareil pour y dérober le feu du ciel. Il excita de fortes étincelles, reçut dans les bras un coup très-violent, et répandit une odeur sulfureuse pendant la reste du jour.

Les physiciens s'empressèrent de courir la nouvelle carrière qui leur étoit ouverte ; ils éprouvèrent quelquefois des secousses vigoureuses, en répétant cette expérience : mais aucun d'eux n'eut un sort aussi funeste que Richman, professeur à Pétersbourg; il fut tué subitement par une étincelle qui se dirigea vers sa tête, et les journaux célébrèrent la mémoire du premier martyr de l'électricité.

Quelque temps après on imagina de s'emparer du fluide électrique des nuages, par le moyen d'un cerf volant. Cet appareil ressemble à ceux qui ont amusé notre enfance. Le corps est traversé par une tige de métal fort aiguë ; il est couvert d'un taffetas capable de résister à l'orage ; et la corde est enveloppée d'un fil de fer qui porte un cordon de soie pour isoler cet instrument.

Un conducteur *AB* (Fig. 272) qui communique avec un cerf volant de cette espèce, fournit de vives étincelles et de brillantes aigrettes ; il allume des substances combustibles, et charge des bouteilles qui font éprouver de violentes commotions. Enfin, les effets de ces conducteurs atmosphériques sont absolument les mêmes que ceux de nos appareils ordinaires, et n'en diffèrent que par leur intensité qui est bien supérieure.

Une personne qui veut en tirer des étincelles, doit faire usage d'un excitateur, composé 1°. d'une tige de métal *AB* (Fig. 273) ; 2°. d'un manche de verre *CD* ; 3°. d'une chaîne *EF* qui se prolonge vers la terre pour y conduire le fluide électrique.

Paratonnerres. (Fig. 274.)

388. La construction des paratonnerres est fondée sur des principes qu'on ne peut révoquer en doute, et qui sont, 1°. l'identité parfaite entre le fluide électrique et la matière du tonnerre ; 2°. le pouvoir des pointes qui les rend propres à soutirer ce fluide sans bruit et sans explosion ; 3°. enfin, la vertu conductrice des métaux qui transmettent la matière électrique avec la plus grande facilité.

On établit, sur le sommet d'un édifice, une perche *AB* que l'on couvre de résine ou de vernis, afin qu'elle soit moins perméable au fluide électrique, et pour empêcher que l'humidité ne s'y attache; elle est surmontée d'une tige pointue *CD* de fer qui est longue de 29 ou 32 décimètres (9 ou 10 pieds), et dont l'extrémité porte un gros fil de métal qui descend jusqu'à la terre humide.

Le fluide électrique d'un nuage orageux, qui passe au-dessus de cet appareil, est attiré par la pointe; il se précipite vers la terre en parcourant le fil de fer qui est un excellent conducteur, et que l'on a soin d'éloigner un peu du mur, ainsi que des fondations de l'édifice.

On trouve quelques vestiges de cette invention dans les monumens de l'histoire ancienne. Hérodote nous apprend que les Thraces désarmoient le ciel de ses foudres en décochant leurs flèches dans l'air. On raconte que Numa Pompilius attiroit le feu du ciel au milieu des bois sacrés, et que Tullus Hostilius avoit été foudroyé, parce qu'il n'avoit pas suivi l'ancien usage dans cette opération mystérieuse. Les javelots des Romains étincelèrent pendant la nuit qui précéda la victoire de Posthumius sur les Sabins; et le fameux Bélizaire fut aussi témoin de ce prodige, durant la guerre qu'il soutint contre les Vandales.

Expérience. (Fig. 275.)

On démontre l'utilité des paratonnerres avec une maisonnette *ABCD*, construite en fer blanc, et dont les faces mobiles sont retenues par le couvert; elle est surmontée d'une tige *FG* qui pénètre dans l'intérieur, et qui est terminée par deux boules *F* et *G*.

Après avoir mis le bouton d'un pistolet de Volta au contact avec la boule *F*, on approche l'autre *G* du conducteur d'une machine électrique; dès qu'on tourne la glace, on voit briller en *G* une étincelle qui éclate aussi dans le pistolet; elle allume le gaz

hydrogène, et produit une explosion qui fait sauter le toit de l'édifice.

Il n'y a point d'étincelles, et le pistolet ne détonne pas, lorsqu'on supprime la boule *G* pour découvrir l'extrémité pointue de la tige *FG*. L'effet seroit encore le même, si on laissoit la boule *G*, et qu'on accrochât en *H* une chaîne prolongée vers la terre.

CHAPITRE XV.

DES ÉLECTROMÈTRES.

389. Un électromètre est un instrument qui sert à reconnoître la présence et l'énergie de l'électricité. Le plus simple de tous est un fil de lin terminé par deux petites boules de liége : elles se touchent quand il est suspendu librement au conducteur ; mais elles s'écartent plus ou moins dès qu'on électrise l'appareil, et l'on juge de leur électricité par la grandeur de l'arc qu'elles décrivent.

Electromètre de Henley. (Fig. 279.)

390. C'est un demi-cercle d'ivoire *ABC*, qui est soutenu par une petite colonne de bois. Le centre *F* porte une tige bien légère et très-mobile, avec une petite boule de liége ou de moëlle de sureau.

Le petit pendule *FI* s'éloigne plus ou moins de la colonne verticale, suivant l'énergie de l'électricité des corps qui communiquent avec elle.

Electromètre de Lane. (Fig. 280.)

391. *AB* est une colonne de bois, fixée près du conducteur. Elle est traversée par une vis de métal *CD*, qui parcourt une demi-ligne à chaque révolution. On accroche à l'extrémité *C* une

chaîne prolongée vers la terre, et l'on estime la force de l'électricité par l'intervalle qui se trouve entre le conducteur et la boule *D*, quand elle en tire des étincelles.

Electromètre de Cavallo. (Fig. 281.)

392. C'est un petit récipient ouvert et mastiqué sur une platine de cuivre *BC*. On ajuste à l'orifice supérieur une tige de métal *TIH*. Elle est couverte d'une pièce de cuivre *ED*, et porte deux fils d'argent terminés par des boules de liége.

G et *K* sont deux feuilles d'étain collées sur la surface intérieure de l'appareil, et qui communiquent avec la platine *BC*, pour lui transmettre l'électricité des boules.

Si vous approchez un corps électrisé du bouton *E*, les deux globules s'éloigneront l'un de l'autre, et vous reconnoîtrez la nature de leur électricité, en examinant si un bâton de cire qui vient d'être frotté, augmente ou diminue leur écartement. Elle sera négative dans le premier cas, et positive dans l'autre.

On peut aussi découvrir la pointe *IH*, et visser la base de l'instrument sur une perche, afin d'éprouver l'électricité de l'air et des nuages.

Electromètre de Volta (Fig. 345).

393. Il est composé d'une fiole à quatre faces planes. Les fils sont formés de deux pailles égales et bien droites, suspendues par un fil d'argent à une lame de cuivre *F*. La partie supérieure de cette bouteille est enduite de cire à cacheter, et la face *ABCD* porte un arc de cercle dont le centre se trouve à la hauteur du point *F*. Il est divisé en degrés qui sont d'une demi-ligne ou d'un millimètre.

394. Cet électromètre et celui de Cavallo nous fournissent le moyen de faire voir, avec le citoyen Coulomb, que le fluide libre qui tient un conducteur à l'état électrique, se répand autour de la surface, et qu'il n'en existe aucune portion bien sensible dans l'intérieur.

Expérience.

On électrise une sphère creuse de métal, qui est isolée et percée d'une ouverture. Ensuite, on la retire avec son isoloir, et l'on applique sur un point de la surface intérieure, un petit cercle fait d'une feuille de métal, et fixé à l'extrémité d'une longue aiguille de gomme laque (*i*).

L'électromètre ne donne aucun signe d'électricité, lorsqu'on lui présente ce petit cercle; mais les deux fils s'écartent d'une manière très-sensible quand le cercle a touché la surface extérieure.

Balance électrique. (Fig. 346.)

395. Cet appareil, imaginé par le citoyen Coulomb, est composé d'un cylindre de verre AC, recouvert d'une glace AB. Elle est percée, vers le milieu, d'une ouverture sur laquelle on élève un tube de verre ED. Ce tube est surmonté d'un tuyau de cuivre GF et d'une lame de métal dont le bord est divisé en 360° dans le sens IKH.

Au centre de cette plaque se meut un petit cylindre de cuivre, traversé par une aiguille MI, et qui porte un fil d'argent très-délié. Son extrémité inférieure soutient une pince qui presse un fil de soie ON, enduit de cire d'Espagne, et terminé d'un côté par une balle R de moëlle de sureau, et de l'autre, par un morceau de papier huilé P, qui fait contre-poids.

S est une petite balle de cuivre fixée sur le zéro d'un cercle gradué que l'on colle sur la surface extérieure du cylindre de verre AC.

On a soin de pratiquer dans la glace AB, une ouverture qui permet d'électriser les deux balles.

Cet instrument sert d'électromètre, quand on fait communi-

(*i*) C'est une espèce de cire que des fourmis ailées déposent sur les branches des arbres.

quer les deux boules avec le corps dont on veut mesurer l'électricité.

Le citoyen Coulomb en fait usage pour démontrer que les répulsions électriques s'exercent en raison inverse du quarré de la distance.

On électrise les deux balles *R* et *S*, après avoir placé la première vis-à-vis la seconde, sans tordre le fil d'argent. La balle *R* est repoussée par l'autre, et s'en écarte de 36 degrés, par exemple, de manière que le fil est tordu de 36 degrés. Il tend à se rétablir dans son premier état, avec une force représentée par 36, et la répulsion des petits corps électrisés lui fait équilibre.

Lorsqu'on tourne l'aiguille *MI* depuis le point *I* ou zéro, jusqu'au cent vingt-sixième degré, en allant de *I* en *K*, la boule *R* se rapproche de *S*, et s'arrête au dix-huitième degré.

La répulsion de ces deux balles résiste à l'effort que fait le fil d'argent pour se dérouler, et qui est exprimé par 126 plus 18, ou 144 degrés. Cette force est quatre fois plus grande que la première; or, la distance des balles est deux fois moindre. Il est donc évident que la répulsion augmente à mesure que le quarré de la distance diminue.

CHAPITRE XVI.

DE L'ÉLECTROPHORE. (Fig. 282.)

396. WILK, professeur de physique à Stokholm, est l'inventeur de cet instrument, qui fut construit en 1762. Il n'exige que deux plateaux circulaires de métal. Le premier *BC*, se nomme le gâteau; il est couvert d'un mélange de soufre, de colophane et de cire fondus; le second *DE*, s'appelle conducteur, et l'on y adapte une colonne de verre *FG*, qui sert à l'isoler. On peut

aussi faire ces deux plateaux en bois ; mais il faut avoir soin d'y coller une feuille d'étain.

Première Expérience.

On frotte le gâteau résineux avec une peau de lièvre, ou des queues de renards ; ensuite, on y applique le conducteur qui ne donne aucun signe d'électricité ; mais on en tire une étincelle plus ou moins forte, quand on l'enlève par son manche de verre, après l'avoir touché de la main ou d'un autre corps anélectrique.

Vous aurez successivement un grand nombre d'étincelles, sans frotter de nouveau la résine qui conserve sa vertu durant plusieurs jours. Il suffira de poser le conducteur sur le gâteau, et de le toucher avant de l'en séparer.

Théorie d'Œpinus et de Franklin.

397. Le plan résineux attire l'électricité naturelle du conducteur, et la fait passer dans les tranches inférieures, ou voisines du gâteau qui est presque imperméable au fluide électrique. Elles sont électrisées *en plus*, tandis que les autres sont dans un état négatif. c'est pourquoi, la main qu'on présente à ces dernières, leur transmet de la matière électrique, de manière que le conducteur se trouve dans un état positif, et fournit une étincelle, quand il n'est plus sur la résine qui retenoit son excès d'électricité.

Théorie du citoyen Coulomb.

398. L'électricité résineuse du gâteau, attire le fluide vitreux du conducteur vers la surface inférieure de ce disque, tandis qu'elle repousse le fluide résineux vers la surface supérieure. Ce dernier passe à l'état d'électricité naturelle, en s'unissant au fluide vitreux de la main qu'on en approche. Le conducteur est alors chargé de l'électricité vitreuse accumulée vers sa base, et l'on en tire une étincelle quand il est séparé du gâteau.

Deuxième Expérience.

Le gâteau fournit aussi des étincelles, toutes les fois qu'il est bien isolé.

Quand les deux plateaux sont appliqués l'un sur l'autre, on les touche en même temps avec le pouce et le doigt. Ensuite, on enlève le conducteur par la colonne de verre, et l'on tire une étincelle de ces deux plans.

399. L'électricité du conducteur est vitreuse ou positive, et celle du gâteau est résineuse ou négative.

Première Expérience. (Fig. 260.)

Après avoir chargé de la même manière deux bouteilles semblables, l'une au plan résineux, et l'autre au conducteur, on saisit les garnitures extérieures pour approcher les deux tiges. Il en part une étincelle et l'on reçoit la commotion, parce que l'une des surfaces intérieures est dans un état positif, tandis que l'autre est dans un état négatif.

Deuxième Expérience.

Electrisez l'une des bouteilles au conducteur de l'électrophore et présentez la tige à celui d'une machine ordinaire, qui porte deux fils terminés par des balles de liége ; elles s'écarteront l'une de l'autre, et leur électricité sera vitreuse, puisqu'elles s'éloigneront davantage lorsque vous ferez mouvoir le plateau de verre.

Troisième Expérience.

On répète l'expérience qui précède, avec une bouteille que l'on vient de charger au gâteau résineux. Les deux balles de liége s'écartent encore l'une de l'autre ; mais elles sont dans un état négatif, et se rapprochent dès qu'on leur fournit un peu d'électricité vitreuse en tournant la glace.

Quatrième Expérience.

Si vous chargez une bouteille au conducteur de l'électrophore,

et au gâteau de résine, en tirant de chacun d'eux le même nombre d'étincelles, vous la trouverez dans son état naturel.

Le fluide résineux, qu'elle reçoit du gâteau, s'unit avec le fluide vitreux que le conducteur lui a transmis. Il en résulte de l'électricité naturelle qui ne manifeste sa présence par aucun signe.

Œpinus et Franklin prétendent que le plan résineux s'empare de l'électricité que la surface intérieure avoit acquise.

Figures étoilées.

400. Après avoir électrisé le gâteau résineux d'un électrophore, on y répand un peu de colophane réduite en poudre fine. On tient, à quelques lignes au-dessus de ce plan, une pointe mousse qui traverse un bâton de cire, par le moyen duquel on doit la saisir. Ensuite, on applique le crochet d'une bouteille chargée sur le sommet de cette tige; le fluide électrique, attiré par le gâteau, forme des figures étoilées, qui présentent un spectacle fort agréable.

Électrophore de verre.

401. Le conducteur, ou le plateau supérieur est semblable à celui d'un électrophore ordinaire; mais au lieu du gâteau résineux, on fait usage d'une glace établie sur un plan de métal, ou bien d'un miroir que l'on frotte d'une queue de renard.

On observe que l'électricité du conducteur est négative.

Théorie d'Œpinus et de Franklin.

L'électricité du verre, excitée par le frottement, repousse le fluide naturel du conducteur vers les tranches supérieures; elles en sont dépouillées par le doigt qui les touche, et le conducteur se trouve dans un état négatif, quand il est séparé de la glace. L'étincelle vient alors de la main qu'on lui présente, et qui le rétablit dans son état naturel.

Théorie du citoyen Coulomb.

Le fluide naturel du conducteur est décomposé par l'électricité

du verre. Elle attire le fluide résineux vers la surface inférieure, et repousse le fluide vitreux à la surface supérieure. Ce dernier fluide passe à l'état de fluide naturel, en absorbant le fluide résineux de la main qui touche le conducteur ; il reste alors, dans ce plateau supérieur, une portion d'électricité résineuse qui est libre, et qui fournit une étincelle en s'unissant avec le fluide vitreux d'un autre corps, lorsqu'elle n'est plus retenue par l'électricité vitreuse de la glace.

Commotion de l'Electrophore.

Si vous électrisez le conducteur d'un électrophore, pendant qu'il est sur le gâteau résineux, ou sur le plan de verre ; vous éprouverez une commotion, en touchant à la fois ce conducteur et le plateau qui porte la résine ou la glace.

Condensateur de Volta.

402. Cet appareil est composé du conducteur d'un électrophore, et d'un plan de marbre couvert d'une légère couche de vernis ; il sert à manifester la présence d'une électricité qui est trop foible, pour être observée par les moyens ordinaires.

On tire une étincelle du plateau supérieur, quand on le sépare du plan de marbre, après l'avoir électrisé avec une machine qui ne donne aucun signe d'électricité, ou dont le conducteur communique avec les corps environnans.

Ce plan supérieur donne aussi des étincelles, 1°. lorsqu'on le frappe avec une étoffe de laine, pendant qu'il est appliqué sur le plateau inférieur ; 2°. quand on le touche avec le crochet d'une bouteille qui a fait éprouver la commotion : mais il faut avoir soin de l'enlever par son manche de verre, avant de lui présenter le revers de la main.

Le marbre est assez *conducteur* pour attirer l'électricité qu'on transmet au plateau supérieur ; mais il ne l'est point assez pour en absorber une portion, de manière que le fluide électrique peut s'accumuler sur le disque de métal.

On peut encore former ce condensateur avec deux plateaux de cuivre bien polis et surmontés d'une colonne de verre. Ils sont couverts d'un vernis ou d'une légère couche de cire d'Espagne, sur les faces qui doivent se toucher.

Le plateau inférieur ou le *support* communique avec le réservoir commun ; l'autre se nomme le *collecteur*, et porte souvent un fil de métal, afin d'entrer plus facilement en contact avec les appareils que l'on ne veut pas déplacer.

CHAPITRE XVII.

ÉLECTRICITÉ DE CERTAINS POISSONS.

403. Il y a des poissons qui engourdissent la main de celui qui les touche ; on distingue surtout le trembleur du Niger, l'anguille de Cayenne, et la torpille, qui est une espèce de raie qu'on trouve sur les côtes de France.

On ressent une commotion, lorsqu'on sert de communication entre le dos et le ventre de ces animaux. Plusieurs personnes qui se tiennent par la main, reçoivent une impression douloureuse ; mais l'expérience ne réussit plus quand on interrompt la chaîne avec de la soie, du verre, ou des bâtons de cire à cacheter.

On attribue ce phénomène à l'électricité naturelle de ces poissons qu'on regarde comme des bouteilles de Leyde. Walsh, membre du parlement d'Angleterre, s'est procuré des anguilles de Surinam qui lui ont donné de fortes commotions, et qui ont fait voir des étincelles dans une obscurité profonde.

Électricité de quelques minéraux.

404. Les topazes, les rubis du Brézil, l'oxide de zinc, et les tourmalines, deviennent sensiblement électriques par la chaleur.

Un des sommets de la tourmaline jouit d'une électricité positive ou vitreuse, tandis que l'autre est animé d'une électricité négative ou résineuse. On peut s'en assurer par le moyen d'un petit fil de soie qui est à l'extrémité d'un bâton de cire qu'on vient de frotter; il est attiré par le premier sommet, et repoussé par le second.

On remarque 1°. que l'électricité est presque nulle dans une grande partie de l'espace qui sépare les deux extrémités de la tourmaline; 2°. qu'un petit fragment cylindrique séparé de l'un des sommets, possède les deux électricités, comme la tourmaline entière.

Electricité des vapeurs.

405. Les citoyens Laplace et Lavoisier ont observé que les corps produisent une électricité positive ou négative, lorsqu'ils passent à l'état de vapeurs ou de gaz.

Un réchaud, plein de charbons allumés, paroît électrisé négativement après la combustion.

Quand on verse de l'acide sulfurique (*k*) sur de la limaille de fer, on recueille de l'air inflammable, et le vase est dans un état négatif; vous aurez les mêmes résultats, si vous employez cet acide avec de la craie, pour en obtenir de l'acide carbonique. Ainsi, un corps qui se réduit en vapeurs, ou bien en fluide aériforme, enlève une portion d'électricité naturelle aux vases qui le renferment.

Saussure, qui a projeté de l'esprit-de-vin et de l'eau, dans un creuset fortement échauffé, nous assure que l'électricité du vase étoit souvent positive ou négative, et quelquefois nulle. Il pense que les vapeurs de l'eau bouillante absorbent le fluide électrique des vaisseaux qui la contiennent, et que celle qui se décompose, leur en fournit une quantité plus ou moins grande.

Les différens vases qui servent à répéter ces expériences, sont

(*k*) C'est du soufre combiné avec l'oxigène, ou la base de l'air vital.

établis sur une plaque de métal qu'on isole par des colonnes de verre, et qui communique avec le condensateur de Volta ou l'électromètre de Cavallo.

Electricité des métaux que l'on met en contact.

C'est au citoyen Volta, professeur de physique à Pavie, que nous devons la connoissance et la théorie de ce nouveau phénomène.

Première Expérience. (Fig. 347.)

406. *Z* et *C* sont deux plateaux, l'un de zinc et l'autre de cuivre. Ils sont égaux, bien polis sur une de leurs faces, et surmontés d'une colone de verre enduite de cire à cacheter.

Etablissez-les exactement l'un sur l'autre, et portez l'un d'eux sur le plateau supérieur d'un condensateur (402).

Répétez cette opération plusieurs fois de suite avec le même disque, ayant soin de toucher l'autre pour le ramener à son état naturel, avant d'y appliquer le premier.

Le condensateur sera chargé d'une électricité capable d'écarter les fils d'un électromètre. Elle sera vitreuse ou positive, si vous avez porté le plan de zinc sur le condensateur. Mais, vous la trouverez négative ou résineuse, en faisant usage du plateau de cuivre.

Il s'ensuit que deux métaux différens et isolés deviennent électriques, lorsqu'on les met en contact. Le cuivre cède au zinc une partie de son électricité naturelle.

Deuxième Expérience. (Fig. 348.)

407. Si l'on soude une lame de zinc *Z*, avec une autre de cuivre *C*, et que l'on saisisse le zinc pour appliquer le cuivre sur le plateau supérieur *AB* d'un condensateur qui est aussi de cuivre, il sera chargé d'une électricité négative ou résineuse.

Le plateau de cuivre *AB* fournit au zinc une portion de son électricité naturelle.

Troisième Expérience. (Fig. 348.)

408. Prenez la pièce de cuivre *C* entre vos doigts, et portez celle de zinc *Z* sur le plan supérieur *AB*; il sera dans son état naturel, et ne donnera aucun signe d'électricité quand vous l'aurez séparé du plateau inférieur.

Une partie de l'électricité du cuivre *C* passe dans le zinc qui fait effort pour la transmettre au plateau de cuivre *AB*; mais ce dernier tend à se décharger de son fluide en faveur du zinc, avec la même force. Il y a donc équilibre, et le plan supérieur *AB* doit rester dans son état naturel.

Quatrième Expérience.

409. Lorsqu'on interpose un conducteur humide, comme du papier mouillé, entre la pièce de zinc et le plateau de cuivre *AB*, celui-ci manifeste une électricité positive.

Le cuivre *AB* n'agit plus sur le zinc, parce qu'ils ne sont point en contact, et ce dernier, qui n'éprouve aucune résistance, lui fournit du fluide électrique par le moyen du *conducteur* humide.

Cinquième Expérience.

410. L'électricité du plateau supérieur *AB* sera négative ou résineuse, si vous le couvrez du corps humide, et que vous le touchiez avec la pièce de cuivre *C*, en tenant celle de zinc.

Une partie de l'électricité du cuivre *C* passe dans le zinc, à cause du contact, et le corps humide transmet celle du plateau *AB* au cuivre *C*, d'où elle se répand sur le zinc.

Sixième Expérience. (Fig. 349.)

411. Appliquez une pièce de zinc *Z*, sur une autre d'argent ou de cuivre *C*.

Après avoir établi un morceau de papier ou de drap mouillé *H* sur le zinc, couvrez-le d'un autre couple *C* et *Z*.

Recevez l'électricité de ce dernier couple sur le condensateur, et chargez-le par un nombre suffisant de contacts.

L'électromètre vous fera voir qu'elle est plus forte que celle du premier couple.

CHAPITRE XVIII.

DES EFFETS DE L'ÉLECTRICITÉ SUR L'ÉCONOMIE ANIMALE.

412. L'ÉLECTRICITÉ favorise la transpiration des animaux, l'évaporation des liquides, et leur écoulement dans les tubes capillaires.

Première Expérience.

Après avoir pesé deux animaux de même espèce et de même âge, on électrise l'un d'eux pendant quelques heures, et l'on observe qu'il a perdu plus que l'autre.

Deuxième Expérience.

On pèse aussi deux vases égaux, remplis d'un liquide, et l'évaporation de celui qui est électrisé, paroit avoir été plus rapide.

Troisième Expérience. (Fig. 277.)

On suspend au conducteur un vaisseau de métal, percé de petites ouvertures qui sont armées de tubes fort étroits; l'eau n'en sort que très-lentement, quand il reste dans son état naturel; mais elle s'écoule beaucoup plus vite, et sous la forme de jets divergens, lorsqu'on électrise l'appareil.

Ces observations persuadèrent à Nollet, que le fluide électrique pouvoit rendre le mouvement aux membres paralysés; néanmoins le succès ne répondit point à ses espérances. Ayant été chargé, par le gouvernement, d'administrer ce remède à quelques invalides, il fit de vains efforts pour les soulager, et perdit la confiance que l'électricité lui avoit d'abord inspirée.

En 1747, des médecins d'Italie furent beaucoup plus heureux, et les journaux retentirent d'une foule de guérisons miraculeuses que ces physiciens prétendoient avoir opérées. On imagina jusqu'à des purgations électriques. Il suffisoit qu'une personne électrisée tînt dans sa main de la manne ou du séné, pour éprouver l'effet de ces médicamens. Cette méthode fut accueillie par un grand nombre de malades qui avoient un juste dégoût pour les potions ordinaires ; mais on ne tarda point à reconnoître que ce nouveau moyen de guérison n'étoit qu'une illusion trompeuse.

On auroit tort d'en conclure que l'art de guérir ne peut tirer aucun avantage du fluide électrique ; ceux qui cherchent la vérité, doivent éviter l'enthousiasme et les préventions injustes. Si des hommes fourbes ou trompés, ont abusé de la crédulité publique, en attribuant à l'électricité une vertu chimérique, il y a des médecins estimables qui nous assurent qu'elle offre quelquefois un remède utile pour les paralysies, les rhumatismes et d'autres maladies qui viennent de l'engourdissement des parties, ou de la stagnation des humeurs.

On peut réduire aux principes suivans, la doctrine des physiciens qui soutiennent que la matière électrique agit d'une manière très-efficace sur l'économie animale.

1°. Le corps humain contient une portion d'électricité qui lui est naturelle, et qui manifeste quelquefois sa présence. Il y a des personnes qui font éclater des étincelles quand elles changent de linge, ou qu'elles frottent la surface de leur corps. Ce phénomène étoit connu des anciens qui le regardoient comme un heureux présage. C'est pourquoi Virgile a célébré la lumière qu'on vit briller sur la tête du jeune Ascagne.

2°. L'atmosphère nous transmet du fluide électrique, lorsqu'elle est dans un état positif. Elle nous enlève une partie de celui qui nous est propre, quand elle se trouve électrisée *en moins*.

3°. Notre électricité naturelle est excitée par la chaleur du

sang, et par le frottement des parties solides ou fluides qui constituent nos organes.

4°. Il est probable que les nerfs sont remplis d'un fluide très-subtil, qui n'est peut-être que le fluide électrique combiné avec une substance particulière.

5°. La matière électrique dilate nos humeurs, augmente la circulation, et ranime le jeu des fibres engourdies. C'est pourquoi nous sommes foibles et moins agiles dans un temps pluvieux, lorsque l'humidité de l'air absorbe une certaine quantité du fluide électrique qui nous est propre.

6°. Les personnes dont les humeurs ne circulent pas assez vîte, et qui ont un tempérament froid, doivent s'électriser *en plus*, ou respirer un air sec et fortement électrique, comme celui des montagnes. Les frictions et les vêtemens de laine ou de poils appliqués sur la peau, sont alors très-utiles, parce qu'il en résulte un frottement capable d'exciter le fluide électrique.

7°. Une atmosphère humide, et l'électricité négative sont propres à soulager les convulsions, les maladies inflammatoires, et celles qui ont pour cause un excès de chaleur, de transpiration et d'irritabilité.

Électricité par bain.

Le malade qu'on veut électriser ainsi, doit être isolé dans un fauteuil soutenu par des colonnes de verre, ou par un gâteau de soufre. Il communique avec le conducteur qui lui transmet le fluide électrique, par le moyen d'une tige de métal.

Électricité par aigrettes.

Une personne électrisée promène une tige pointue sur la partie malade qui reçoit le fluide électrique, sous la forme d'une aigrette composée de rayons divergens. On peut aussi faire usage d'une lame de métal, hérissée de plusieurs pointes.

Électricité par étincelles.

Le malade isolé communique avec le conducteur, et l'on pré-

neate, aux parties attaquées, la boule d'un excitateur qui fait éclater des étincelles plus ou moins vives.

Pour en tirer de l'oreille ou de l'intérieur de la bouche, on se sert d'un tube de verre *AB* (Fig. 278), dans lequel se meut une tige de métal *ED*.

Électricité par commotion.

Il y a des circonstances où le genre nerveux a besoin d'être excité par des secousses un peu violentes. On les produit avec une bouteille de Leyde qui est plus ou moins chargée ; mais il faut avoir soin de mettre la poitrine à l'abri des commotions, qui pourroient lui être funestes. Il est à propos que les parties malades communiquent seules avec les deux surfaces de la bouteille. Si c'est l'avant-bras, par exemple, on fait poser la main sur la garniture extérieure, pendant qu'on applique une des branches de l'excitateur sur le coude, et l'autre sur le crochet du vase.

CHAPITRE XIX.

DES EFFETS DE L'ÉLECTRICITÉ SUR LES VÉGÉTAUX.

413. L'ÉLECTRICITÉ qui accélère l'écoulement des liquides, et la transpiration des animaux, doit augmenter celle des plantes et favoriser la circulation des sucs destinés à leur accroissement. Le docteur Mimbray, physicien d'Edimbourg, fut le premier qui vérifia cette idée, vers 1746. Il s'aperçut que deux myrtes électrisés poussèrent des branches et des boutons, plutôt que d'autres arbrisseaux de même espèce qu'on avoit laissés dans leur état naturel.

Jallabert, professeur à Genève, électrisa, pendant quinze jours, des oignons de jonquilles et de jacinthes, qui étoient sur des

carafes pleines d'eau. La différence de leur végétation fut très-sensible, et les fleurs s'épanouirent plutôt que dans les autres plantes de même nature.

Nollet, qui fit de semblables expériences, obtint les mêmes résultats. La germination des graines électrisées fut plus rapide; mais il crut observer que leurs tiges étoient plus foibles que celles des autres.

LIVRE VI.

DU GALVANISME.

414. Le galvanisme est la propriété qu'ont les nerfs et les muscles, d'éprouver des contractions, lorsqu'on les touche avec des métaux, des matières charbonneuses, ou des corps humides.

La cause de ces mouvemens convulsifs reçoit le nom de *fluide galvanique*, et paroît avoir beaucoup d'analogie avec le fluide électrique.

Nous devons les premières observations de ce phénomène au docteur Galvani, né à Bologne, en 1737. Des grenouilles qu'on avoit dépouillées de leur épiderme, se trouvoient par hasard sur une table, à côté d'une machine électrique. Galvani s'aperçut qu'elles étoient agitées de mouvemens convulsifs, toutes les fois qu'on touchoit leurs nerfs avec un métal, pendant que l'on tiroit une étincelle de l'appareil. Il obtint les mêmes résultats avec une tige de fer, qui soutiroit l'électricité des nuages orageux. Des cuisses de grenouilles étoient suspendues par les nerfs à ce conducteur atmosphérique, et leurs pieds communiquoient avec la terre, par le moyen d'un fil de métal : elles éprouvoient des contractions violentes, qui sembloient répondre à l'intensité des éclairs, ou bien aux éclats répétés du tonnerre. Quelque temps

après, cet illustre médecin observa que le contact des métaux différens suffisoit pour exciter ces mouvemens convulsifs.

CHAPITRE PREMIER.

DES CONDUCTEURS GALVANIQUES.

415. Tous les corps qui s'opposent aux effets du galvanisme, s'appellent *isolans* ou *mauvais conducteurs*. On distingue le verre, le soufre, la cire, les résines, les bitumes, l'air sec, le diamant, les métaux oxidés, l'épiderme, les poils des animaux, et les huiles.

Les *bons conducteurs* du galvanisme sont l'eau, les corps humides, les matières charbonneuses, les chairs privées de leur épiderme, et surtout les métaux. Parmi ces derniers, l'or, l'argent, le zinc et l'étain sont les plus efficaces.

Les organes soumis aux contractions galvaniques, sont les muscles et les nerfs. On préfère ceux des grenouilles, parce qu'il est facile de s'en procurer, et que d'ailleurs elles sont très-irritables au printemps, ou même en hiver, quand on les a tirées de leur engourdissement par le moyen d'une chaleur douce.

On donne le nom d'*armatures* ou de *supports* aux substances que l'on établit sous les muscles et les nerfs. La pièce qui sert à les mettre en communication peut s'appeler *excitateur*.

CHAPITRE II.

DE LA CHAINE ANIMALE.

416. Elle est composée, 1°. de nerfs et de muscles; 2°. de nerfs seuls.

Les muscles sont des masses de chair fibreuses et molles, destinées à concourir aux mouvemens des parties du corps.

Les nerfs sont des cordons blanchâtres qui tirent leur origine du cerveau et de la moëlle épinière.

Expérience. (Fig. 283.)

Après avoir enlevé la peau d'une cuisse de grenouille, on met l'extrémité *A* du nerf crural *AB* sur une lame de zinc *ED*, et le muscle sur une d'étain *GH*.

On touche le muscle et le support *ED* avec un compas de cuivre ou d'argent, et la cuisse paroît animée d'un mouvement convulsif.

Le phénomène seroit encore le même, si l'on posoit l'une des branches de l'excitateur sur l'armature *GH*, et l'autre sur le nerf.

417. Vous pouvez réunir les organes d'un seul animal, ou ceux de plusieurs, faire une ligature au nerf, le couper et placer un métal, ou du charbon entre ses parties.

Réunion des organes. (Fig. 284.)

On sépare les cuisses d'une grenouille pour appliquer l'une sur une lame de zinc *AB*, et l'autre sur un support d'étain *CE*, de manière que les nerfs soient en contact. Ensuite, on fait communiquer les deux armatures par le moyen d'un fil ou d'un compas de cuivre, et l'on aperçoit une convulsion dans les deux cuisses.

Cette expérience a le même succès quand les cuisses appartiennent à deux grenouilles.

Ligature du nerf. (Fig. 285.)

Lorsqu'on a serré le milieu *B* du nerf *AC* par une forte ligature, on étend l'extrémité *BC* sur du zinc, et le muscle sur de l'étain.

Il suffit de toucher les deux supports avec un fil de cuivre, d'or ou d'argent, pour exciter la contraction du muscle.

Section du nerf. (Fig. 286.)

Le nerf est coupé en deux parties *AB* et *CD* qui sont en contact, ou réunies par un métal *E*, par du charbon ou des corps

humides. La première est sur une armature de zinc *FG*, tandis que le muscle est sur de l'étain.

Les contractions se manifestent dès que l'on fait communiquer les deux supports avec un fil de cuivre ou d'argent.

Elles n'existeroient pas si les parties du nerf étoient légérement écartées, ou que le corps *E* ne fût pas un bon conducteur.

Le nerf seul.

Établissez l'extrémité du nerf sur une lame d'argent, et le milieu sur de l'étain pendant que le muscle se trouve sur un corps quelconque.

Vous produirez les mouvemens convulsifs en touchant les armatures avec un fil d'or ou de cuivre.

CHAPITRE III.

DE LA CHAINE EXCITANTE.

418. Elle est formée des armatures et de l'excitateur, qui sont ordinairement trois métaux différens. Mais cette condition n'est pas nécessaire quand les organes sont très-irritables. On peut alors employer d'autres moyens pour exciter les contractions.

Trois métaux différens. (Fig. 283.)

L'armature du nerf est de zinc; celle du muscle est d'étain ou de plomb; l'excitateur est d'or, de cuivre ou d'argent.

On appuie l'une des extrémités sur le zinc, et l'autre sur le muscle.

Il n'y auroit point de contractions si l'excitateur étoit de verre, de cire, de soufre ou de résine; enfin, s'il étoit un *mauvais conducteur*.

Deux métaux différens. (Fig. 287.)

Le muscle est sur une substance quelconque, mais le sup-

port *AB* du nerf est de zinc, et l'excitateur *CDE* est de cuivre ou d'argent.

Deux métaux différens et de l'eau.

On plonge le muscle dans un verre plein d'eau, et l'armature du nerf dans un autre.

La cuisse paroît agitée d'un mouvement convulsif lorsqu'on fait communiquer l'eau des deux vases par le moyen d'un fil de cuivre ou d'argent.

Deux métaux différens et un conducteur humide. (Fig. 288.)

L'armature *AB* du nerf est de zinc; elle porte un morceau *I* de chair fraîche sur lequel on applique une extrémité de l'excitateur *EDC* qui est d'argent.

Un métal d'une seule pièce. (Fig. 289.)

AB est un tube de verre qui soutient deux cordons de soie, chargés d'une cuisse de grenouille. On la dispose de manière que le nerf *EK* et le muscle *GH* se trouvent en contact avec une lame d'argent ou du mercure bien purifié.

Un métal en deux pièces. (Fig. 290.)

Le muscle est sans armature, et le support *AB* du nerf est de zinc. Il y a contraction, lorqu'on le touche avec un autre morceau de zinc *ED*.

Vous pouvez aussi réunir les deux lames de zinc *LF* et *AB*, par un fil de fer *CD*, et frapper la première avec du zinc *GH*.

Une substance humide ou du charbon.

On établit le nerf et le muscle sur une lame de verre bien sèche. Ensuite, on les touche en même temps avec de la chair fraîche, ou du charbon très-pur.

Un nerf seulement (Fig. 291.)

Après avoir coupé l'extrémité *AB* du nerf crural *CD*; on la pousse avec un tube de verre, contre le nerf et le muscle.

Il en résulte des contractions qui sont encore plus fortes, quand le tube est remplacé par un fil de fer.

La plupart de ces expériences ne réussiroient pas sur des grenouilles foibles ou fatiguées, et si les circonstances n'étoient pas favorables.

CHAPITRE IV.

DES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS DANS L'HOMME.

419. L'IRRITATION galvanique se manifeste aussi dans nos organes. Elle agit sur les muscles dépouillés de leur épiderme, sur la langue, les yeux et les intestins.

Première Expérience.

M. Humbolt a eu le courage de se faire appliquer deux vésicatoires sur le dos. La sérosité qui sortit des ampoules, étoit sans couleur; mais elle devint rougeâtre et corrosive, quand l'une des plaies fut couverte d'une lame d'argent que l'on touchoit avec du zinc.

On fit communiquer l'autre plaie avec la pièce d'argent, par le moyen d'un compas de zinc, et les muscles de l'épaule et du col se contractèrent fortement.

Quelques gouttes de potasse liquide, répandues sous l'une des armatures, augmentèrent la douleur et les contractions.

Deuxième Expérience.

Vous aurez l'impression d'un léger frémissement et d'une saveur acerbe, si vous réunissez une lame d'argent qui est sous votre langue, avec une autre de zinc établie sur la face supérieure de cet organe.

Troisième Expérience.

On voit comme un éclair, quand on met en contact deux

pièces de zinc et d'argent qui sont appliquées l'une sur la gencive supérieure, et l'autre sur la gencive inférieure.

Quatrième Expérience.

On augmente l'énergie de l'estomac, et l'on excite quelquefois des évacuations réitérées, lorsqu'on applique un fil de fer sur une pièce d'argent qui est dans la bouche, et sur une autre d'étain placée dans l'anus.

CHAPITRE V.

DES CIRCONSTANCES QUI MODIFIENT LES EFFETS DU GALVANISME.

420. On distingue l'état des organes, la manière d'appliquer les métaux, la situation respective des parties de la chaîne, l'influence des métaux, l'immersion dans certains liquides, l'électricité et l'asphyxie.

Première Expérience.

Quand on galvanise des membres frais, et d'autres que l'on a conservés pendant quelque temps, ou fatigués par des épreuves successives, on observe que ces derniers sont bien moins irritables que les premiers.

Deuxième Expérience.

Un organe affoibli ne se contracte plus, quand on applique une des branches de l'excitateur sur le support du nerf, et l'autre sur le muscle; mais il éprouve un mouvement convulsif, lorsqu'on touche d'abord le muscle, et ensuite l'armature du nerf.

Troisième Expérience.

Il y a des contractions dans les animaux excitables, si les deux supports du nerf et du muscle sont de zinc, tandis que l'excitateur est composé de cuivre et d'une matière humide.

Elles n'existent plus, quand le zinc et la substance humide servent d'armatures, et qu'on les fait communiquer par le moyen du cuivre.

Quatrième Expérience.

Les mouvemens convulsifs ne sont bien sensibles qu'à l'instant où l'on forme la chaîne. Cependant, l'influence galvanique n'est pas entièrement suspendue. L'irritabilité des muscles se trouve augmentée ou diminuée, à raison du temps qu'ils restent dans la chaîne, et suivant la position des armatures.

Ils deviennent plus excitables, quand on applique le zinc aux muscles, et l'argent aux nerfs; mais l'irritabilité s'affoiblit, si le support des nerfs est de zinc, et que celui des muscles soit d'argent.

Cinquième Expérience.

Des membres frais plongés dans l'esprit-de-vin, ou dans une dissolution d'opium, sont beaucoup moins irritables.

Il arrive souvent que des organes fatigués se raniment dans l'acide muriatique oxigéné (*l*); mais après cinq ou six minutes, la force musculaire est plus foible qu'elle n'étoit auparavant.

Sixième Expérience.

Une grenouille épuisée manifeste de nouvelles contractions, lorsqu'on la galvanise, après l'avoir présentée au conducteur d'une machine électrique, pour en tirer une étincelle.

Septième Expérience.

Le galvanisme ne produit aucun effet sur les animaux qui ont été suffoqués par la vapeur du charbon, ou par le gaz hydrogène sulfuré (*m*).

(*l*) C'est de l'acide muriatique combiné avec l'oxigène (616).

(*m*) C'est de l'air inflammable combiné avec du soufre.

CHAPITRE VI.

DES PRINCIPALES THÉORIES DU GALVANISME.

421. QUAND le professeur de Bologne eut publié ses premières expériences, on se demanda quel étoit cet agent invisible qui sembloit ranimer des organes soumis à l'empire de la mort. On voulut remonter à l'origine de ce pouvoir magique des métaux et des autres conducteurs. Galvani se persuada lui-même, qu'il avoit pénétré l'un des plus grands secrets de notre organisation. Séduit par une imagination trop ardente, et par le doux espoir d'être utile aux hommes, il crut avoir trouvé la cause et les moyens curatifs des rhumatismes, de la sciatique nerveuse et des convulsions. Mais les nouvelles découvertes n'ont pas confirmé son hypothèse établie sur les phénomènes qu'il avoit observés.

Galvani suppose que tous les animaux jouissent d'une électricité qui leur est propre. Le cerveau la fournit aux nerfs qui la transmettent aux différentes parties du corps; mais les muscles sont les principaux réservoirs de ce fluide. Leurs fibres ont deux surfaces animées d'une électricité contraire, et chacune d'elles peut représenter une petite bouteille de Leyde.

On excite des mouvemens convulsifs, lorsqu'on fait communiquer le nerf et le muscle, parce que le nerf attire l'électricité de la surface intérieure du muscle, pour la répandre sur la surface extérieure de cet organe.

La théorie de Galvani fut combattue par des physiciens qui avoient admiré ses belles expériences, et le plus redoutable de ses adversaires fut le célèbre Volta, professeur de physique à Pavie.

Il ne rejette pas l'analogie qui règne entre le fluide électrique et le principe des contractions musculaires. Mais, il soutient que cette électricité ne réside point dans le corps des animaux. Elle s'échappe des métaux ou des autres substances qui forment la chaîne excitante. Ce fluide irrite les nerfs dont il est un stimulant

très-actif, et ceux-ci provoquent les muscles à des mouvemens convulsifs.

C'est en cherchant à démontrer cette ingénieuse théorie, que Volta découvrit, sur la fin de 1799, un appareil nouveau, qui porte le nom de *pile galvanique*.

CHAPITRE VII.

DE LA COLONNE GALVANIQUE. (Fig. 293.)

422. APRÈS avoir établi trois colonnes de verre sur une rondelle de bois, on forme la pile de manière que la première pièce *C* soit d'argent ou de cuivre, la seconde *Z* de zinc, la troisième *H* d'étoffe ou de carton humide, la quatrième de cuivre, la cinquième de zinc, la sixième d'étoffe ou de carton, et ainsi de suite, jusqu'à l'extrémité supérieure qui se termine par du zinc.

Il faut avoir soin de tremper l'étoffe ou le carton dans une dissolution de potasse ou de sel marin, d'alun ou de muriate d'ammoniaque. Ce dernier sel paroît être le plus efficace.

Vous pourriez employer d'autres métaux, ou remplacer le cuivre par du charbon, des pyrites, et du crayon noir. Le citoyen Gautherot a construit une pile avec du schite noir et du charbon; mais ces appareils ont moins d'énergie que ceux de zinc et de cuivre, ou d'argent.

Première Expérience.

Faites communiquer les différens étages de la pile, avec le plateau d'un condensateur, il se chargera d'une électricité qui sera positive, si les pièces supérieures de chacun des couples sont de zinc; et négative, si elles sont de cuivre ou d'argent.

L'électromètre de Volta paroit démontrer que l'intensité de l'électricité augmente, depuis la base jusqu'au sommet, en suivant une progression arithmétique.

Deuxième Expérience.

ÉLECTRICITÉ POSITIVE OU NÉGATIVE.

Si la pile isolée commence par le cuivre et finit par le zinc, l'extrémité supérieure sera positive ou vitreuse, tandis que l'autre sera négative ou résineuse.

Le milieu ne donne aucun signe d'électricité; mais l'état électrique va croissant depuis cette partie, jusqu'aux deux couples extrêmes. Cependant, le condensateur n'en reçoit qu'une électricité foible, à moins que les disques ne soient très-nombreux.

Commotion galvanique.

423. On reçoit une commotion dans les bras, lorsquon a les mains très-humides; et que l'on touche en même temps les deux extrémités de la colonne.

La secousse est plus violente, 1°. quand la colonne est plus haute; 2°. lorsqu'on est isolé ou monté sur un tabouret qui a des pieds de verre; 3°. quand on a plongé ses mains dans l'eau salée; 4°. lorsqu'on se sert de deux étuis de fer blanc mouillés, et remplis d'eau.

La commotion seroit foible et presque nulle, si les mains étoient bien sèches.

On éprouve une espèce de frémissement dans les doigts, lorsqu'on les tient appuyés sur les deux extrémités de la pile. S'ils étoient dépouillés de leur épiderme, la douleur seroit si vive, qu'il seroit impossible de prolonger le contact.

Quand on touche une des extrémités de l'appareil avec la main humide, et l'autre avec une lame de métal qui repose sur la langue, cet organe est frappé d'une secousse violente; on a l'impression d'un éclair, et celle d'une saveur désagréable.

Plusieurs personnes qui se tiennent par la main, reçoivent la commotion, lorsqu'elles sont en petit nombre, et que leurs mains sont bien humectées.

Attractions galvaniques.

424. Une feuille d'or, soutenue par un fil de fer qui communique avec le sommet de la colonne, est attirée par un autre fil qui répond à la base.

Si vous suspendez un fil de fer très-mince à l'extrémité supérieure de la colonne, et que vous lui présentiez un autre fil semblable, vous remarquerez entr'eux une adhérence bien sensible.

Etincelles.

425. Lorsqu'on touche en même temps les deux extrémités de la pile, avec un petit fil de fer terminé par une pointe, on produit une espèce d'étincelle composée d'un point lumineux, et d'une gerbe rougeâtre qui éclate en tous sens.

Il est plus facile d'exciter l'étincelle, quand le sommet de la colonne porte un petit fil de fer pointu, que l'on présente au bouton d'un autre fil qui communique avec la base.

Les grandes étincelles paroissent être l'effet de la combustion des métaux, puisqu'on ne peut en obtenir avec l'or, l'argent et le platine, qui s'unissent difficilement à l'oxigène.

Combustion du fer dans l'air vital.

426. Les citoyens Hachette et Thénard ont formé une pile galvanique composée de huit couples, dont les plaques avoient environ 27 centimètres de long (10 pouces) sur 19 centimètres de large (7 pouces). Ils ont fait passer deux fils de laiton sous une cloche remplie de gaz oxigène. Le premier communiquoit avec le sommet de la colonne, et portoit un fil de fer très-fin qui étoit roulé en spirale. L'autre fil de laiton répondoit à la base de la pile qui n'étoit point isolée.

La spirale de fer s'enflamma, et répandit une lumière très-vive quand on la mit en contact avec le fil de laiton.

Moyen de charger un bocal. (Fig. 350.)

427. La base de la pile communique avec un vase plein d'eau, par le moyen d'une lame de métal *EF*. On plonge une main dans ce liquide, tandis qu'on tient de l'autre un bocal électrique. Il porte une tige de cuivre *AB* que l'on met en contact avec le bouton *C*. Quelques instans suffisent pour l'électriser asez fortement.

On peut aussi allumer de l'air inflammable en présentant un pistolet au bouton *C*.

M. Vanmarum n'emploie qu'un vingtième de seconde, pour charger une batterie électrique, avec une colonne de 400 disques. Cette expérience fait voir que le fluide électrique se meut dans la pile galvanique, avec une vitesse extrême, et qu'elle fournit un courant bien supérieur à celui de nos machines ordinaires.

Décomposition de l'eau. (Fig. 293.)

428. On fait usage d'un tube de verre plein d'eau et fermé par deux bouchons de liége. Il est traversé par deux fils de laiton qui communiquent, l'un avec le sommet de la colonne et l'autre avec sa base.

L'eau se décompose toutes les fois que leurs extrémités sont éloignées dans le tube, d'environ 10 ou 12 millimètres. On observe que l'hydrogène se dirige vers le fil qui répond à l'extrémité négative ou résineuse, tandis que l'oxigène se combine avec celui qui tient à l'extrémité vitreuse ou positive.

Les gaz ne se manifestent plus, 1°. quand les deux fils se touchent; 2°. lorsqu'ils sont plongés dans deux vases, à moins que les eaux séparées ne communiquent entr'elles, par le moyen d'un conducteur, tel qu'un métal, du charbon, une substance humide ou les doigts.

Ce dernier phénomène a surtout excité la curiosité des physiciens. Les uns croyoient y voir les principes d'une chimie nouvelle; et soutenoient que l'eau n'étoit point décomposée. D'autres

ont suspendu leur jugement, et n'ont cherché qu'à ramener les faits aux théories connues.

Couronne de tasses.

429. Cet appareil se compose de lames de zinc et de cuivre soudées deux à deux, et courbées en forme d'arc. On les plonge dans une suite de verres pleins d'eau salée; chacun d'eux contient une plaque de cuivre et une de zinc qui ne se touchent pas. Mais le premier ne renferme que du cuivre, par exemple, et le dernier ne reçoit que du zinc. Il en résulte une espèce de batterie qui donne continuellement des signes d'électricité. Sa force augmente avec le nombre des pièces, l'étendue de leurs surfaces, et la nature des métaux employés.

Les principes et les effets de cet appareil sont les mêmes que ceux de la colonne galvanique. On éprouve une commotion, lorsqu'on trempe ses mains dans le premier et le dernier bocal. Deux fils métalliques décomposent l'eau, si l'un d'eux communique avec l'extrémité cuivre, et l'autre avec l'extrémité zinc, pendant qu'ils se trouvent dans un tube rempli de ce liquide.

Théorie de la colonne galvanique.

430. Elle est fondée sur un petit nombre de principes que l'on peut réduire à ceux-ci :

1°. Deux métaux différens et isolés acquièrent une électricité contraire, lorsqu'ils sont en contact; ainsi, quand on applique du zinc sur du cuivre, le premier devient positif, et le cuivre est négatif (406).

2°. Si l'on couvre le zinc d'une autre pièce de cuivre, elle ne donne aucun signe d'électricité, parce qu'il y a deux forces égales et opposées qui se détruisent (408).

3°. Quand on interpose un conducteur liquide entre le zinc et la seconde pièce de cuivre, elle n'agit plus sur le zinc qui lui

communique son état électrique par le moyen du corps humide (409).

4°. L'excès d'électricité que le zinc prend au cuivre, est toujours le même, quel que soit leur état électrique. Cette supposition ne pourroit être démontrée que par une suite d'expériences qui n'ont pas encore été faites.

5°. L'influence électrique des liquides sur les métaux est si foible, qu'on peut la regarder comme nulle; cependant, il en est quelques-uns, tels que les sulfures alcalins, dont l'action devient très-sensible. C'est pourquoi l'on est parvenu à remplacer un des métaux par cette combinaison du soufre avec un alcali.

Supposons 1°. que la base de la pile ne soit point isolée; 2°. que l'état naturel d'électricité soit exprimé par zéro; 3°. que l'unité représente l'excès d'électricité que doit avoir une pièce de zinc sur une autre de cuivre qui la touche immédiatement.

La pièce inférieure de cuivre transmet du fluide électrique au zinc, et le réservoir commun la rétablit dans son état naturel qui est indiqué par zéro.

La seconde pièce qui est de zinc, a un excès d'électricité que nous avons désigné par l'unité, et dès-lors son état électrique sera 1.

La troisième pièce, qui est de cuivre, et qui est séparée du zinc par un corps humide, se trouve dans le même état d'électricité 1.

La quatrième, qui est zinc, et qui touche la précédente, aura 1 de plus, et son électricité sera marquée par 2.

La cinquième, qui est de cuivre, est dans le même état, à cause du conducteur humide.

La sixième, qui est de zinc, et qui est en contact avec la cinquième, doit avoir 1 de plus, et son électricité sera 3.

On voit que l'électricité des couples augmente en suivant une progression arithmétique, et que l'électricité du zinc qui termine le cinquantième, est représentée par 50.

Nous éprouvons une commotion, en touchant les deux extré-

mités de la colonne, parce que l'électricité surabondante du sommet traverse notre corps pour arriver au globe terrestre. Cette perte se répare aux dépens du sol, de manière qu'il en résulte un courant de matière électrique qui se meut avec rapidité dans l'intérieur de la pile.

Ce fluide brûle et fond les métaux, en parcourant des fils qui ont un petit diamètre. Il sépare les principes de l'eau, quand il passe à travers ce liquide. Enfin, il produit tous les effets que l'on peut attendre d'une électricité qui est foible, mais animée d'une vîtesse extrême.

Les conducteurs liquides sont nécessaires.

431. La colonne est formée de conducteurs solides et liquides. Il est impossible de la construire avec des métaux seulement, à cause d'une propriété singulière qui paroît appartenir à tous les solides.

Si vous rangez les métaux dans l'ordre qui suit : argent, cuivre, fer, étain, plomb et zinc ; l'électricité passera de l'argent au cuivre, du cuivre au fer, et ainsi de suite jusqu'au zinc. Mais tous les disques intermédiaires sont inutiles, puisque la pile n'a pas plus d'effet qu'un seul couple d'argent et de zinc.

Efficacité des dissolutions salines.

432. La commotion est beaucoup plus forte quand l'étoffe est imbibée d'une dissolution saline. Le citoyen Volta en conclut que les acides et les sels augmentent la propriété conductrice de l'eau qui humecte l'étoffe ou le carton. Il pense que l'oxidation des métaux rend l'action de la colonne plus énergique et plus continue, parce qu'elle établit un contact plus étroit entre ses élémens.

Effet de la surface des disques.

433. Si vous avez deux colonnes d'un même nombre d'étages, et que l'une d'elles soit construite avec des plaques ordinaires, ou

larges comme un écu de 6 livres, tandis que celles de l'autre ont un diamètre de 4 décimètres (14 pouces); vous remarquerez 1°. que la seconde augmente l'intensité des attractions, des étincelles, et de la combustion des métaux; 2°. qu'elle diminue l'énergie des commotions, de la saveur, de l'éclair et de l'oxidation.

Il s'ensuit que les premiers phénomènes dépendent de la surface des plaques, et que les autres se rapportent à leur nombre.

Explication du citoyen Biot.

Les pointes soutirent et transmettent facilement le fluide électrique; mais leur pouvoir s'affoiblit quand elles s'émoussent, et ce phénomène semble démontrer que les surfaces planes qui ont une certaine étendue, n'abandonnent point aisément l'électricité dont elles sont chargées. Ainsi, lorsqu'on fait communiquer les deux extrémités de chacune des colonnes, le fluide électrique se meut avec plus de rapidité dans celle qui est formée de petits disques; mais il a moins de masse que dans la seconde. C'est pourquoi la dernière favorise les attractions, les étincelles et la combustion qui exigent plus de fluide, et la continuité de sa présence. Les autres phénomènes sont plus foibles, parce qu'ils supposent moins de masse et plus de vitesse dans le fluide qui les produit.

CHAPITRE VIII.

DE LA VERTU MÉDICALE DU GALVANISME.

434. On a pensé que l'irritation galvanique fourniroit un moyen de guérir les rhumatismes et la paralysie; mais les différentes expériences des médecins n'ont eu que de foibles succès. Ils ont cependant observé que la colonne excite des mouvemens

convulsifs, et des sensations de brûlure dans les parties malades qui sont insensibles aux étincelles, et même aux commotions électriques.

Une personne avoit un côté de la face entièrement paralysé, de sorte que les bouteilles de Leyde ne produisoient aucun effet sur les muscles. Ce malade fut soumis à l'action galvanique par les citoyens Hallé et Thillaye, qui firent communiquer les deux extrémités d'une colonne avec différens points de la joue. Au moment du contact, les muscles parurent agités de mouvemens convulsifs, et ces essais répétés durant plusieurs mois, ont presque rétabli toutes les parties dans leur état naturel.

Nous pourrions citer encore de pareilles observations que l'on doit au zèle des citoyens Alibert et Richerand; mais elles ne sont point assez nombreuses pour constater la vertu médicale du galvanisme.

Le docteur Nauche a reconnu que les muscles du dos éprouvent de fortes contractions, lorsqu'on fait communiquer les deux extrémités de la pile avec le sommet et la base de la colonne vertébrale. On reçoit en même temps l'impression des éclairs, et des saveurs acides ou alcalines. Les dents sont agacées, la salive et les urines sont plus abondantes. La transpiration et la chaleur sont augmentées. Enfin, l'excitation devient générale et se propage dans tous les membres.

On croit que cette manière d'appliquer le galvanisme seroit propre à rappeler des noyés à la vie.

LIVRE VII.

DU MAGNÉTISME.

435. Les anciens donnoient le nom de *magnétisme* à l'attraction que l'aimant exerce sur le fer.

L'aimant est une mine de fer légérement oxidé. Il se trouve dans le sein de la terre, en masses plus ou moins considérables.

CHAPITRE PREMIER.

DES PHÉNOMÈNES DE L'AIMANT.

436. L'attraction qui règne entre le fer et les *pierres d'aimant* fixa d'abord l'attention des physiciens. Ils s'aperçurent ensuite qu'elles avoient la faculté de transmettre leur vertu magnétique à ce métal. La direction, vers les poles du monde, fut observée quelques temps après; mais on ne peut guère assigner l'époque de cette précieuse découverte.

On sait que les pilotes français employoient la boussole dès le XIIe. siècle, et que les Chinois avoient un instrument qui indiquoit les quatre points cardinaux, vers l'an 2600 avant Jésus-Christ.

Les principaux phénomènes de l'aimant sont: la direction, la déclinaison, l'inclinaison, l'attraction, la répulsion et la communication.

ARTICLE PREMIER.

DE LA DIRECTION.

437. Quand on établit une pierre d'aimant sur un morceau de liége, à la surface d'une eau tranquille, on voit l'une des extrémités se tourner vers le nord, et l'autre vers le midi.

La première est le pole boréal, et la seconde se nomme pole méridional.

On peut aussi reconnoître ces points, en plaçant une pierre d'aimant sur une glace parsemée de limaille. Si vous frappez légérement sur les bords du verre, pour augmenter la mobilité des molécules du fer, vous les verrez se disposer en lignes courbes, qui se dirigent vers les deux poles du minéral (Fig. 351).

Il y a des aimans qui ont quatre poles, et quelquefois six.

L'axe d'un aimant est la droite qui réunit les deux poles, et le méridien magnétique est un plan vertical qui passeroit par ces deux points.

ARTICLE II.

DE LA DÉCLINAISON.

438. L'aimant ne se tourne pas exactement vers le nord, dans toutes les parties de la terre. Il s'en écarte plus ou moins vers l'orient ou l'occident, et sa marche varie suivant les temps et les lieux.

En 1666, la déclinaison étoit nulle à Paris; mais, en 1795, elle étoit de 22 degrés 30 minutes vers l'ouest, de manière qu'elle augmente d'environ 9 ou 10 minutes par an.

Les aiguilles aimantées ont encore une variation diurne qui est de 5 à 14 minutes. Ce mouvement les porte le matin vers l'occident, et le soir vers l'orient. Il n'est point égal d'un jour à l'autre, ni peut-être dans les différens pays.

ARTICLE III.

DE L'INCLINAISON.

439. Une aiguille aimantée qui est divisée par un axe en deux moitiés également pesantes, conserve sa position horizontale près de l'équateur; mais son extrémité boréale s'incline vers la surface du globe, à mesure qu'on approche des régions du nord, et la partie méridionale s'abaisse lorsqu'on va de l'équateur au pole du midi. Cette inclinaison étoit, à Paris, de 70 degrés 35 minutes, en l'an VI, au solstice d'été. Elle varie beaucoup dans les différentes contrées de la terre, et ne suit aucune loi bien connue.

ARTICLE IV.

DE L'ATTRACTION DU FER.

440. Il est aisé de manifester l'attraction réciproque de l'aimant et du fer. On établit une lame de fer et une pierre d'aimant sur deux morceaux de liége qui nagent dans un vase. Ils s'approchent l'un et l'autre, et ne peuvent être séparés sans effort.

Les corps interposés entre le fer et l'aimant ne détruisent point leur action mutuelle, et nous devons à cette propriété quelques phénomènes capables d'exciter la surprise et l'admiration de ceux qui n'en soupçonnent pas la cause.

Deux autres métaux, le cobalt et le nickel, sont également soumis à l'action magnétique.

Les nouvelles expériences du citoyen Coulomb paroissent démontrer que tous les minéraux jouissent de cette propriété. De petits cylindres suspendus entre les poles opposés de deux barreaux magnétiques, suivent la direction de ces deux aimans.

ARTICLE V.

ATTRACTION ET RÉPULSION DES POLES.

441. Lorsque deux aimans ont la faculté de se mouvoir sur un pivot, les deux poles de même nom se repoussent, et les poles de noms différens s'attirent.

Le citoyen Coulomb a fait voir que ces attractions et répulsions s'exercent en raison inverse du quarré de la distance.

ARTICLE VI.

COMMUNICATION DU MAGNÉTISME.

442. Il y a plusieurs manières de rendre le fer et l'acier magnétiques. On distingue surtout la méthode qui porte le nom de contact simple, celle qui se nomme *la double touche*, et le procédé du citoyen Antheaume.

Contact simple. (Fig. 352.)

443. Une lame de fer ou d'acier *IC* reçoit la vertu magnétique, lorsqu'on la frotte plusieurs fois de suite et dans le même sens, avec le pole d'un aimant. L'extrémité par où les frictions commencent, est un pole de même nom que celui qui touche le fer, tandis que l'autre extrémité nous offre un pole de nom différent.

On observe, 1°. que l'acier trempé reçoit un magnétisme plus durable que celui du fer doux; 2°. que la force de l'aimant ne diminue pas dans cette opération, et que l'on peut aimanter, avec la même pierre, autant de lames qu'on juge à propos.

Les aimans vigoureux, ou qui soulèvent de gros poids, ne sont pas toujours les plus généreux. Ils transmettent quelquefois à l'acier moins de vertu que d'autres qui sont plus foibles.

Points conséquens.

444. Il arrive souvent que la verge de fer acquiert différens

poles qui sont distribués sur sa longueur. Les parties *CD*, *DF*, *FG*, *GH*, *HI* forment de petits aimans. Si le point *C* est un pole boréal, on remarque un pole austral en *D*, un pole boréal en *F*, et ainsi de suite. Ces poles contraires, qui se succèdent l'un à l'autre dans une tige de fer ou d'acier, ont reçu le nom de *points conséquens*.

La double touche. (Fig. 353.)

445. On prend deux barreaux *BF* et *DG* qui sont aimantés par la méthode précédente. Ensuite on les établit dans un plan vertical, sur le milieu d'une barre *EH*, de sorte que le pole boréal *F* se trouve à côté du pole méridional *G*, et que chacun des barreaux fasse, avec l'une des moitiés de la verge *EH*, un angle de 15 à 20 degrés.

Quand on frotte le pole *F* sur *AE*, et le pole *G* sur *CH*, en partant toujours du milieu, chaque extrémité de la barre devient un pole contraire à celui qui la touche; et l'on rend cette opération plus efficace, en plaçant la verge *EH* entre deux pièces de fer doux.

Méthode du citoyen Antheaume. (Fig. 354.)

446. Ce physicien communique le magnétisme sans aimant, et par le moyen d'une planche *MN* fixée dans la direction du méridien magnétique. Elle est inclinée sur l'horizon de Paris, de 70 degrés 35 minutes vers le nord, et fait avec le méridien un angle d'environ 23 degrés du côté de l'ouest.

Deux barres de fer *AB* et *CD*, qui ont 10 pieds de longueur, sont appliquées sur cette planche, et leurs extrémités *B* et *C* portent deux petits quarrés de tôle *IK* et *GH*, qui sont réunis par une languette de bois *EF*.

Si vous glissez lentement, et plusieurs fois de suite, une lame d'acier, sur les deux talons *GH* et *IK*, en suivant la longueur des barres de fer, elle recevra une vertu magnétique égale à celle qu'un bon aimant pourroit lui procurer.

Vous aimanterez aussi le fer et l'acier par de fortes commotions électriques, par la pression qu'ils éprouvent dans un étau, par le choc d'un marteau qui les frappe à coups redoublés sur une enclume, ou bien en les tenant dans une position verticale.

ARTICLE VII.

DES ARMURES. (Fig. 355.)

447. Une pierre d'aimant qui sort des entrailles de la terre, soutient à peine un poids de quelques livres; mais on rend sa vertu plus énergique par le moyen des armures qui sont d'un fer très-flexible, et qu'on applique sur les faces où se trouvent les deux poles.

Chacune d'elles, comme *AB*, nous présente, 1°. une jambe dont la hauteur *AC* et la largeur *ED* sont égales à celles de la pierre; 2°. un pied *FBH* dont les bords sont bien arrondis.

La force de l'aimant dépend de l'épaisseur qu'on donne aux deux jambes, et qui ne peut être déterminée que par l'expérience. C'est pourquoi l'on prépare ordinairement quatre pièces, et l'on essaie le poids que porte l'aimant, quand on l'établit sur les deux premières avec des anneaux de cuivre. Il augmente d'abord à mesure qu'on diminue l'épaisseur des jambes en dehors; mais ensuite il devient moindre, et dès-lors il faut s'en tenir aux dimensions que ces deux lames avoient dans l'épreuve qui a précédé la dernière.

Une pierre qui est armée, doit avoir un portant *BCDE* de fer doux et flexible. La forme la plus efficace est représentée par la figure 356. Sa longueur *EB* a quelques lignes de plus que celle de l'aimant, et sa hauteur *ED* ne peut être connue que par différens essais, comme l'épaisseur des armures.

Le pied ou le talon d'une armure est un pole de même nom que celui qui la touche.

ARTICLE VIII.

448. Un aimant qui soutient à peine un morceau de fer d'un poids déterminé, l'enlève plus aisément lorsque ce métal repose sur une enclume.

ARTICLE IX.

449. On a deux barreaux aimantés de même force, et capables de porter une clef, par exemple. Après avoir placé l'un d'eux sur une table, de manière que la clef reste suspendue au pole boréal, on applique sur celui-ci le pole austral de l'autre aimant, et la clef tombe aussitôt sur le pavé.

ARTICLE X. (Fig. 352.)

450. Les deux moitiés d'un barreau de fer aimanté, sont animées de forces égales et contraires. Tous les points de la partie *CG* attirent l'un des poles d'une aiguille, tandis que l'autre moitié *GI* le repousse.

La vertu magnétique est nulle vers le milieu *G;* mais elle augmente depuis ce point jusqu'aux deux extrémités.

Si vous coupez le barreau vers l'une d'elles, et que vous en détachiez une portion quelconque, ce fragment sera lui-même un aimant qui aura deux poles différens.

ARTICLE XI.

DES AIMANS ARTIFICIELS.

451. Ces aimans sont des lames de fer ou d'acier, qui ont acquis la vertu magnétique. Ils sont plus forts que les autres, et reçoivent toutes sortes de figures.

1°. On aimante plusieurs barreaux comme des bouts de fleuret,

qu'on réunit par des ligatures de cuivre, en observant de placer d'un même côté les poles semblables, ou les extrémités qu'on a touchées les premières.

2°. Vous pouvez mettre ces lames dans une position horizontale, entre deux armures préparées comme celles d'un aimant naturel (Fig. 356).

3°. On en fait deux faisceaux SN et $S'N'$ qui sont dans une position verticale, de manière que le pole boréal de l'un répond au pole austral de l'autre (Fig. 357). Ils sont écartés par deux petits morceaux de bois C et D, et retenus par un rectangle de cuivre $EFGH$. Les poles supérieurs se trouvent en contact avec une lame IK de fer doux, tandis que les autres ont un *portant* ML.

4°. Les aimans qui ont la forme d'un fer à cheval BCD, sont encore plus simples et plus commodes (Fig. 358). On frotte l'un des poles d'un aimant sur BC, et toujours dans le même sens, depuis B jusqu'en C. Ensuite on fait la même chose avec l'autre pole sur la partie DC. On répète cette opération sur la face inférieure, et le morceau d'acier jouit alors d'une assez grande vertu magnétique.

La Boussole.

452. La boussole, ou le compas de mer, est une aiguille aimantée qui se meut librement sur un pivot, au centre d'une boîte. Le contour est garni d'une feuille de papier, sur laquelle on marque les vents, et dont la circonférence est divisée en 360 parties égales.

Cet instrument sert à diriger un vaisseau, quand les astres se dérobent aux regards des navigateurs; mais la déclinaison de l'aiguille et ses variations irrégulières diminuent beaucoup les avantages qu'on en retire.

Boussole à cadran.

453. Ces boussoles portent un cadran solaire qu'il est facile d'orienter. Après avoir mis ce plan dans une position bien hori-

zontale, on le tourne de manière que la direction de l'aiguille aimantée fasse, avec la méridienne tracée sur le cadran, un angle égal à la déclinaison magnétique pour le pays qu'on habite. Le style est alors dans le plan du méridien, et son ombre peut indiquer les heures avec une précision suffisante.

Lunette magnétique. (Fig. 359.)

454. C'est une lunette d'ivoire assez mince pour donner passage à la lumière. Sa hauteur est d'environ deux pouces et demi (7 centimètres), et l'oculaire F a deux pouces de foyer (5 centimètres). On ajuste, à l'extrémité B, un verre sur lequel on colle un papier noir et un cercle de carton. Le centre G porte un pivot avec une aiguille aimantée que l'on couvre d'un verre qui a très-peu d'épaisseur.

Quand on établit cette lunette au-dessus d'une boîte qui renferme un barreau aimanté, la direction de l'aiguille indique celle de l'aimant, et son pole nord répond au pole méridional de cette lame d'acier.

Boîte aux fleurs. (Fig. 360.)

455. On forme deux bouquets artificiels, dont la tige principale est un fil d'acier bien aimanté et garni de soie verte. L'extrémité supérieure de l'une est un pole nord, tandis que celle de l'autre est un pole sud.

Si vous priez quelqu'un d'insérer un de ces bouquets dans la boîte AB, et que vous présentiez la lunette magnétique à l'une de ses faces, la direction de l'aiguille vous désignera la fleur cachée dans la boîte.

ARTICLE XII.

DES RAPPORTS ENTRE LE MAGNÉTISME ET L'ÉLECTRICITÉ.

456. La foudre qui frappe des tiges de fer ou d'acier, leur transmet quelquefois la vertu magnétique; elle change les poles

d'un aimant et lui fait prendre une autre direction : les transactions philosophiques nous apprennent que l'on trouva plusieurs couteaux aimantés, dans une maison de Londres, que le tonnerre avoit parcourue. On lit, dans le premier volume de la République des Lettres, qu'un orage transposa les poles d'une boussole, sur un vaisseau qui alloit en Amérique.

Il est aisé de s'assurer que l'électricité de nos appareils suffit, pour obtenir des phénomènes semblables.

Première Expérience. (Fig. 276.)

On établit une aiguille de boussole dans une petite presse, entre deux lames de verre; ensuite on applique une de ses extrémités *A* contre la garniture extérieure d'une batterie fortement chargée. On met l'un des boutons de l'excitateur sur l'extrémité *B*, tandis qu'on porte l'autre vers le conducteur, et l'aiguille se trouve aimantée quand on a fait passer l'étincelle au travers.

Deuxième Expérience.

Si vous répétez l'expérience précédente avec la même aiguille disposée en sens contraire, de manière que l'extrémité *B* soit en contact avec la surface extérieure de la batterie, vous observerez un changement dans les poles; et la partie qui se tournoit vers le nord, se dirigera vers le midi.

Voilà des faits qui indiquent une analogie singulière entre les fluides électrique et magnétique; cependant, ils nous présentent des différences qui ne permettent pas de les regarder comme un seul et même être.

1°. La matière électrique se manifeste par des écoulemens sensibles, tandis que le fluide magnétique n'affecte pas nos sens.

2°. La vertu magnétique exige que le fer soit frotté sur du fer ou de l'aimant, et le verre s'électrise quand on le frotte avec d'autres substances.

3°. Il n'y a que le fer et l'acier qui deviennent magnétiques,

et tous les corps s'électrisent par frottement ou par communication.

4°. Le magnétisme des corps se conserve durant plusieurs siècles, mais leur électricité se dissipe en un instant.

ARTICLE XIII.

VERTU MÉDICALE DE L'AIMANT.

457. En 1765, les journaux annoncèrent des guérisons merveilleuses qu'on attribuoit à l'aimant. La Société de Médecine examina les propriétés curatives de ce minéral, et reconnut qu'il avoit très-peu de vertu, mais qu'il pouvoit être utile contre la migraine et les maux de dents.

Mesmer, qui vouloit alors en faire un remède universel, voyant qu'il ne répondoit point à ses espérances, imagina le magnétisme animal. Il prétend que les corps animés renferment un fluide particulier qu'il appelle *fluide magnétique*. Les fonctions de nos organes en dépendent, et nous perdons la santé ou la vie, toutes les fois qu'il n'est pas en quantité suffisante, ou qu'il ne circule pas librement. C'est pourquoi l'on peut soulager tous nos maux en augmentant la vîtesse ou la quantité du fluide qui nous est propre.

L'eau, le fer et les végétaux contiennent aussi du fluide magnétique; et les personnes initiées aux mystères du *mesmérisme* le font passer dans le corps des malades. Ils sont assis près d'un vaisseau de bois qui paroît être le réservoir de ce fluide miraculeux, et qui porte des tiges de fer. La salle est éclairée par une lumière douce et foible. On y garde un silence profond qui n'est interrompu que par les accens d'une voix mélodieuse, ou par les sanglots de la douleur.

On magnétise les personnes qui souffrent, en frottant la surface

de leur corps avec les doigts, ou bien avec du fer. La plupart d'entr'elles sont insensibles à cette opération, mais d'autres sont agitées de mouvemens convulsifs, accompagnés de cris perçans, ou de rires immodérés.

Ces phénomènes excitèrent l'attention du Gouvernement, en 1784, et l'Académie des Sciences fit un grand nombre d'expériences et d'observations sur le mesmérisme. Il en résulte que rien n'atteste l'existence du magnétisme animal; qu'il n'agit point sur les enfans ni sur les animaux; qu'on excite les convulsions sans le secours de cet agent idéal; qu'il n'a jamais guéri des maladies bien prononcées, mais seulement de légères douleurs que l'exercice, la diète et l'espérance ont dissipées. La sensibilité du malade, la température et les qualités de l'air environnant, la tristesse que l'appareil inspire, l'irritation produite par le frottement, et surtout le pouvoir d'une imagination exaltée, sont les seules causes des effets que l'intérêt et l'enthousiasme ont tant exagérés.

CHAPITRE II.

THÉORIE DU CITOYEN COULOMB.

458. Il est permis de supposer que tous les corps magnétiques renferment un fluide particulier qui résulte de la combinaison de deux autres.

Le premier s'appelle *fluide boréal*, et le second porte le nom de *fluide austral*. Les molécules de chacun d'eux se repoussent entr'elles; mais les parties du fluide boréal attirent celles du fluide austral, et réciproquement.

Le fluide magnétique contenu dans le fer et l'acier ne peut être augmenté ni diminué. Ces corps ne donnent aucun signe de

magnétisme, quand les deux fluides ne sont point séparés ; mais ils passent à l'état d'aimant, toutes les fois qu'une portion de leur fluide naturel se décompose. Le fluide boréal se dirige alors vers le pole nord du barreau, tandis que le fluide austral s'accumule vers le pole sud. Ce métal conserve longtemps sa vertu magnétique lorsqu'il est très-dur, parce que la disposition de ses molécules résiste à l'attraction que les deux fluides exercent l'un sur l'autre.

PREMIER PHÉNOMÈNE.

Attraction et répulsion des Poles. (441.)

459. Deux aimans AB et $A'B'$ s'attirent quand le pole septentrional B du premier regarde le pole méridional A' du second (Fig. 361).

Le fluide boréal de l'aimant AB se trouve moins éloigné du fluide austral de l'autre $A'B'$ que de son fluide boréal accumulé vers B'; mais les actions magnétiques sont en raison inverse du quarré de la distance. La somme des attractions l'emportera donc sur celle des répulsions, et les poles de noms différens s'approcheront l'un de l'autre.

Ces deux corps se repousseront, si le pole boréal B est près de B', parce que la distance des extrémités boréales sera moindre que l'intervalle qui sépare le fluide boréal de l'un des aimans, et le fluide austral de l'autre.

DEUXIÈME PHÉNOMÈNE.

Attraction du Fer et de l'Aimant. (440.)

460. Lorsqu'on présente un barreau de fer IC au pole austral d'un aimant AB (Fig. 352), le fluide austral qui occupe le pole A,

décompose le fluide naturel du fer. Il attire le fluide boréal vers le point *C*, et repousse le fluide austral vers le point *I*. Ce morceau de fer devient lui-même un aimant, et l'extrémité *C* forme un *pole nord* qui est attiré par le pole austral de l'aimant *AB*.

TROISIÈME PHÉNOMÈNE. (450.)

461. Un aimant soulève plus facilement un morceau de fer établi sur une enclume.

L'aimant communique la vertu magnétique au fer qui la transmet à l'enclume. Celle-ci réagit alors sur le fer, et décompose une autre portion du fluide qui lui est propre. Elle augmente le fluide libre dans chacun des poles de ce nouvel aimant, et le rend plus attirable qu'il ne l'auroit été sans elle.

QUATRIÈME PHÉNOMÈNE. (449.)

462. Une clef soutenue par le pole boréal d'un aimant, se précipite vers la terre quand on le couvre du pole méridional d'un autre aimant égal en force.

L'attraction que le fluide boréal du premier aimant exerce sur le fluide austral de la clef, est détruite par la force répulsive du fluide austral du second aimant.

CINQUIÈME PHÉNOMÈNE. (450.)

463. Les deux moitiés d'un barreau sont animées de forces égales et contraires.

La vertu magnétique diminue depuis l'extrémité jusqu'au milieu où elle est nulle.

Un fragment détaché vers l'un des poles, manifeste les propriétés de la tige entière.

Le citoyen Coulomb pense que chaque molécule du barreau est un petit aimant qui a ses deux pôles égaux en force, et que tous ces aimans sont rangés de manière que le pole boréal de l'un se trouve en contact avec le pole austral de l'autre.

Supposons 1°. que la figure 362 représente la suite des molécules AB, $A'B'$, etc.; 2°. que l'énergie des poles soit exprimée par les nombres placés au-dessus des lettres A et B; 3°. que la partie qui est à droite de CD, forme le pole boréal du barreau, et que celle qui est à gauche fasse le pole austral; 4°. que la lettre A indique le pole austral de chaque molécule, tandis que la lettre B marque le pole boréal.

La force boréale de la première molécule AB n'est point altérée; mais sa force australe est détruite par la force boréale de la seconde molécule $A'B'$, et le point de contact entre ces deux molécules n'a plus qu'une force boréale désignée par le nombre 8.

Enfin, la force australe de la seconde molécule $A'B'$ est anéantie par la force boréale de la troisième $A''B''$, et la force du point de contact entre ces deux molécules se réduit à zéro.

Il s'ensuit que les forces de la partie qui est à droite de CD, sont toutes boréales; qu'elles sont représentées par les nombres 0, 8, 12, et que dès-lors elles vont en augmentant depuis le milieu du barreau jusqu'à son extrémité.

En appliquant ce raisonnement à la partie qui est à gauche de CD, on peut se convaincre que toutes ses forces sont australes, et qu'elles sont exprimées par les mêmes nombres 0, 8, 12.

Lorsqu'on sépare la partie composée des molécules AB et $A'B'$, le fluide accumulé vers A' n'est plus retenu par le fluide boréal des molécules qui sont à gauche de la droite CD. Une portion de ce fluide austral se combine avec le fluide boréal de l'extrémité B'. Il en résulte du fluide naturel, et les deux poles du petit aimant se rapprochent de l'égalité.

SIXIÈME PHÉNOMÈNE.

Effet des Armures. (447.)

464. Les armures augmentent ou conservent la vertu magnétique des aimans (Fig. 363).

Soit *ABCD* un aimant dont le pole nord est *AB*. Cette extrémité attire le fluide austral de la jambe *EF*, et repousse le fluide boréal dans les parties éloignées *FGHI* qui ont alors un magnétisme boréal.

Le fluide austral accumulé près de *PR*, décompose une nouvelle portion du fluide naturel de l'aimant *ABCD*. Il attire le fluide boréal vers le pole *AB* qui devient plus énergique.

Si la branche *EF* de l'armure est trop mince, elle contient peu de fluide naturel, et le pole nord *AB* ne refoule qu'une petite quantité de fluide boréal vers la surface *FGHI*. Quand elle est trop épaisse, elle retient du fluide boréal qui repousse une partie de celui que le fluide austral de cette jambe attire vers le pole *AB*, dans l'aimant *ABCD*.

SEPTIÈME PHÉNOMÈNE.

Communication du magnétisme. (442.)

465. Les deux fluides se dégagent aisément dans le fer doux ; mais ils se réunissent avec la même facilité, et ce métal revient promptement à son état naturel. C'est pourquoi l'on préfère les barreaux de fer dur ou d'acier, pour former les aimans artificiels.

Contact simple. (Fig. 352.)

466. Quand on fait glisser le pole boréal d'un aimant sur une verge de fer *IC*, en commençant par le point *I*, ce pole attire le fluide austral et repousse le fluide boréal, de manière que l'extrémité *C* se trouve chargée de fluide austral, tandis que l'autre extrémité possède un magnétisme boréal.

La double touche. (Fig. 353.)

467. *F* est un pole boréal, et *G* un pole méridional; *L* et *K* sont les centres d'action (*n*).

Le pole austral *G* attire le fluide boréal vers l'extrémité *H;* il repousse le fluide austral, et la moitié *CH* du barreau est animée d'un magnétisme boréal, tandis que l'autre partie *CE* reçoit un magnétisme austral.

L'inclinaison des aimans *CD* et *AB* fait que les points *L* et *K* sont moins éloignés de la verge *EH*, et que leur action est plus efficace. Néanmoins, cette inclinaison a des limites, et si les aimans se trouvoient dans une position horizontale, la partie *CH*, par exemple, auroit moins de magnétisme boréal, parce que le pole *D* refouleroit une portion du fluide boréal accumulé vers l'extrémité *H*.

HUITIÈME PHÉNOMÈNE.

Direction de l'Aimant. (437.)

468. On explique ce phénomène, en supposant que la terre contient un noyau magnétique, ou qu'elle agit comme un gros aimant sur une aiguille de boussole.

Le pole boréal du globe terrestre attire le pole contraire de l'aiguille, et repousse le pole semblable qui, d'ailleurs, est attiré par le pole méridional (441). C'est pourquoi les Anglais donnent le nom de pole austral à la partie de l'aiguille qui se tourne vers le nord, et celui de pole boréal à l'extrémité qui se dirige vers le midi.

Il y a des phénomènes qui semblent démontrer que la terre possède réellement la vertu magnétique.

(*n*) Le centre d'action est le point où passe la résultante des forces de toutes les molécules d'un pole.

Expérience.

Lorsqu'on tient un barreau de fer très-doux, à peu près dans le plan du méridien magnétique, et incliné de quelques degrés vers l'horizon, l'extrémité inférieure devient un pole boréal qui repousse celui d'une aiguille aimantée.

Si l'on renverse la posititon du barreau, les poles sont aussitôt changés. Le pole boréal de l'aiguille est attiré par l'extrémité qui le repoussoit auparavant.

La vertu magnétique du globe terrestre décompose le fluide naturel du barreau. Le fluide boréal se porte vers l'extrémité inférieure, et le fluide austral passe à l'extrémité supérieure. Mais le fer qui est très-doux, n'oppose qu'une foible résistance au mouvement des deux fluides, et le renversement de la tige suffit pour qu'ils changent de place.

NEUVIÈME PHÉNOMÈNE.

Déclinaison de l'Aimant. (438.)

469. Soit *NS* l'axe de la terre; *S* le pole du midi, et *N* celui du nord; *EQ* le diamètre de l'équateur; *NEGS* le méridien du point *O* qui passe au zénit et par les deux poles (Fig. 364).

Une aiguille *DF* située dans le méridien, ne sortiroit pas de ce plan, si les poles avoient leurs centres d'action sur *NS*, aux points *A* et *B*, par exemple, puisqu'ils agiroient suivant les droites *BF* et *AD* qui sont dans ce plan; mais on suppose que le fluide magnétique du globe n'est pas distribué régulièrement, et que les centres d'actions *I* et *K* sont placés sur une droite *IK* qui fait avec le méridien un angle quelconque. L'aiguille s'écartera donc plus ou moins de ce plan, du côté de l'est ou de l'ouest.

La déclinaison varie dans un même lieu, parce que la distribution du fluide magnétique ne reste pas la même, et que les centres d'action se trouvent sur une autre ligne.

DIXIÈME PHÉNOMÈNE.

Inclinaison de l'Aimant. (439.)

470. Le point *I* est plus près de l'aiguille que le point *K*. Il exerce sur elle une action plus énergique, et la force de s'incliner vers le pole du nord.

Cette inclinaison n'est pas constante, à cause des changemens qu'éprouve la position des centres *I* et *K* qui sont plus ou moins éloignés du point *C*.

LIVRE VIII.

DES MÉTÉORES.

471. Les météores sont des phénomènes que l'on observe dans l'atmosphère. La plupart d'entr'eux versent la fraîcheur et l'abondance sur la terre. Il en est qui excitent la surprise et l'admiration par leur éclat et leur magnificence. D'autres portent la terreur et la consternation dans l'ame par les circonstances effrayantes qui les accompagnent, et par les funestes effets qui en résultent.

On les divise en quatre classes qui renferment les météores aériens, aqueux, ignés et lumineux.

CHAPITRE PREMIER.

DES MÉTÉORES AÉRIENS OU DES VENTS.

472. Le vent est une masse d'air qui se meut avec plus ou moins de rapidité. Sa vîtesse est l'espace qu'il parcourt durant

l'unité de temps; et sa force est le produit de sa masse par sa vitesse. Ainsi, l'action qu'il exerce contre un obstacle, dépend de la surface qu'on lui présente; c'est pourquoi l'on a soin de plier les ailes d'un moulin, ou les voiles d'un vaisseau, toutes les fois que le vent devient impétueux.

Rose de Vents. (Fig. 294.)

473. On a désigné les vents par des noms qui indiquent le point de l'horizon d'où ils partent. Celui qui souffle du nord au midi, se nomme *vent de nord*; on appelle *vent de sud*, celui qui suit une direction contraire. Le vent d'*est* nous vient de l'orient, et celui de l'*ouest* arrive de l'occident.

Après avoir divisé la circonférence d'un cercle en arcs de 90 degrés, par deux diamètres perpendiculaires, on dirige l'un d'eux vers le nord, et l'on a la position des quatre vents cardinaux; savoir, le nord, *N;* le sud, *S;* l'est, *E;* et l'ouest, *O.*

Si vous tirez de nouveaux diamètres par le milieu des premiers arcs, vous aurez d'autres vents qui portent les noms de ceux entre lesquels ils se trouvent; c'est le nord-est, *NE;* le nord-ouest, *NO;* le sud-est, *SE;* et le sud-ouest, *SO.*

Il suffit de continuer la division des arcs en deux parties égales, pour avoir les 32 vents des navigateurs.

Vitesse du Vent.

474. Les physiciens ont essayé de mesurer la vitesse du vent, par le moyen des corps légers qu'il emporte; mais ils ne sont pas d'accord entr'eux sur le résultat de leurs expériences. Les uns prétendent que la vitesse d'un vent très-impétueux est de 117 décimètres (6 toises) par seconde; d'autres veulent qu'elle soit de 273 décimètres (14 toises).

On pourroit la déterminer plus exactement, avec une pièce d'artillerie. Si l'on tire contre le vent, et que la vitesse du son ne soit que de 320 mètres, au lieu de 337, on en conclura que celle du vent est de 17 mètres (9 toises).

Différentes espèces de Vents.

475. Les vents sont généraux ou constans, périodiques ou réglés, libres ou variables.

Un vent constant est celui qui a toujours la même direction, à moins qu'il ne soit détourné par la résistance des montagnes, ou par le choc d'un autre courant d'air. Tels sont les vents *alizés* qui viennent de l'*est*, et qui règnent entre les deux tropiques.

Les vents périodiques ou réglés soufflent alternativement dans un sens et du côté opposé, comme les *moussons* de la mer des Indes, qui sont des vents de *nord* pendant les six premiers mois de l'année, et des vents de *sud* ou de *sud-est* durant les six autres mois.

On donne le nom de vents libres ou variables, à ceux qui ne suivent aucune règle pour la durée, la vitesse et la direction.

Causes du Vent.

476. Les différentes causes du vent sont très-peu connues, et notre postérité laissera peut-être à la sienne le soin de les découvrir. On attribue ce phénomène à tout ce qui paroît capable de rompre l'équilibre des parties de l'atmosphère, ou de modifier la vitesse qui les entraîne.

Nous distinguerons 1°. les exhalaisons qui sortent du sein de la terre;

2°. L'eau que l'air abandonne, et qui forme un vide où les colonnes voisines se précipitent;

3°. Le fluide électrique qui s'échappe des nuages ou du globe terrestre;

4°. La chaleur du soleil qui raréfie l'atmosphère; une masse d'air, échauffée par l'astre du jour, se dilate, et retombe sur les colonnes environnantes: ces dernières, plus denses et plus comprimées, se portent dans l'espace qui leur est ouvert; et ces mouvemens alternatifs produisent une agitation plus ou moins grande;

5°. L'attraction du soleil et de la lune qui soulèvent les eaux de la mer, et qui doivent exercer une action particulière sur un fluide aussi mobile que l'air ;

6°. La résistance des forêts et des montagnes qui changent la direction des vents ;

7°. Les collines qui augmentent la rapidité de l'air, en le resserrant dans une vallée profonde.

CHAPITRE II.

DES MÉTÉORES AQUEUX.

477. On appelle ainsi les météores qui doivent leur existence à l'eau contenue dans l'atmosphère, comme le serein et la rosée, les nuages et les bouillards, la pluie, la gelée blanche, la neige, la grêle et les trombes.

Le citoyen Monge explique tous ces phénomènes d'une manière très-satisfaisante, dans un excellent mémoire qui fait partie du cinquième volume des Annales de Chimie.

Le Serein et la Rosée.

478. L'air, échauffé par l'astre du jour, dissout une certaine quantité d'eau qui n'altère point sa transparence ; mais il se refroidit sur le soir et durant la nuit. Il abandonne une partie de l'eau qu'il tenoit en dissolution, et les molécules du liquide s'attachent à la surface des corps.

L'eau qui se précipite est quelquefois plus abondante au lever du soleil, parce que l'air se dilate plus qu'il ne s'échauffe (108).

Les Nuages et les Brouillards.

479. Une grande masse d'air se dépouille de l'eau qui lui est combinée, toutes les fois que sa température s'abaisse, ou que sa

pression diminue. Cette portion de l'atmosphère est opaque; elle reçoit le nom de *brouillard*, si nous y sommes plongés; et celui de *nuage*, lorsqu'elle est dans une région supérieure.

La suspension des molécules d'eau vient de leur extrême division, et de leur affinité pour l'air environnant.

La Pluie.

480. Nous avons la pluie, quand les globules d'eau sont réunis par l'agitation de l'atmosphère; il en résulte de petites masses capables de vaincre les résistances qui s'opposoient à leur chute.

Si la pression de l'air augmente, le mercure s'élève dans le baromètre, et l'atmosphère s'unit à l'eau qui troubloit sa transparence. Le ciel est serein, et l'air se rafraîchit, parce que les molécules d'eau lui enlèvent du calorique en passant à l'état de gaz (167).

La Gelée blanche.

481. Le serein et la rosée qui s'attachent aux branches d'arbres, aux feuilles des végétaux, ou bien à d'autres corps, se gèlent quelquefois durant les nuits du printemps ou de l'automne, et forment la gelée blanche.

Si les rayons du soleil viennent à frapper les végétaux couverts de givre, l'air échauffé dissout une partie de ces petits cristaux de glace, et produit une augmentation de froid qui est souvent très-funeste à la plante (167).

La Neige.

482. L'eau que l'air abandonne se réduit en petits globules qui deviennent solides quand l'atmosphère est très-froide; mais ils se précipitent lentement, parce qu'ils sont très-petits, et que d'ailleurs ils ont beaucoup d'affinité pour l'air. Ils attirent, pendant leur chute, d'autres molécules qui s'unissent avec eux, et qui donnent aux cristaux la figure d'une étoile à six pointes.

On croit ordinairement que la neige renferme des sels propres à féconder la terre; mais on n'en retire que de l'air. Une

couche épaisse de cette eau congelée retient la chaleur intérieure du globe terrestre; elle empêche que les plantes ne soient attaquées par le froid extérieur qui la pénètre difficilement. Les végétaux en reçoivent l'humidité nécessaire à leur accroissement. Enfin, elle favorise la germination des semences, en leur fournissant de l'oxigène.

La Grêle.

483. Ce funeste météore est presque toujours accompagné de l'orage; nous l'observons rarement en hiver, quoique les rigueurs de la saison paroissent très-favorables à son existence. C'est pourquoi les physiciens modernes attribuent ce phénomène au refroidissement des molécules d'eau qui s'évaporent en tombant d'une région très-élevée.

Quand la température d'un nuage électrique n'est point assez froide pour opérer la congélation des globules d'eau qui le composent, ils se réunissent en gouttes capables de vaincre la résistance de l'air environnant.

L'évaporation de ces petites masses est augmentée, 1°. par la hauteur et la rapidité de leur chute; 2°. par le contact des couches d'air qu'elles frappent avec force; 3°. par leur électricité (412). La portion qui se dissout dans l'air, enlève du calorique à celle qui se précipite (167). Il en résulte un petit corps solide qui s'enveloppe des molécules d'eau qu'il rencontre. Le froid de l'évaporation et celui du noyau saisissent aussitôt ces nouvelles zones, de manière que l'accroissement du volume continue jusqu'à la surface de la terre. C'est pour cette raison que les grains de grêle nous présentent ordinairement des lames concentriques, et qu'ils sont plus gros dans les vallons que vers le sommet des montagnes.

On pourroit expliquer ce phénomène d'une autre manière qui paroît assez vraisemblable.

Pendant les chaleurs de l'été, la décomposition de l'eau, celle

des végétaux et des matières animales dégage une grande quantité d'air inflammable qui s'élève dans les régions supérieures de l'atmosphère, parce qu'il est plus léger que l'air commun. Or, nous savons qu'une étincelle électrique fait passer l'air vital et le gaz hydrogène à l'état de liquide, en dégageant une partie de leur calorique; l'électricité des nuages peut donc aussi combiner ces deux fluides aériformes, et leur enlever assez de calorique pour les rendre solides.

Les Trombes.

484. Une trombe est un nuage épais qui a la figure d'une colonne, ou celle d'un cône dont la base est tournée vers le ciel. Il en sort des torrens d'eau mêlés de grêle. L'agitation de l'air environnant est si violente, qu'il déracine les arbres et renverse les édifices.

On explique ce météore en supposant que deux vents opposés impriment à la masse d'air qui les sépare, un mouvement de rotation autour d'une ligne verticale. Il en résulte une force centrifuge (*h*) qui diminue la pression et la densité de l'air situé vers l'axe de la colonne. Ce fluide élastique abandonne une partie de l'eau qu'il tenoit en dissolution (108). Il perd sa transparence, et nous présente l'aspect d'un nuage vertical.

L'air qui se trouve au centre, et dont les parties sont écartées l'une de l'autre, ne peut faire équilibre à la pression de l'atmosphère. C'est pourquoi l'air extérieur se précipite dans cette espèce de canal où il entraîne les nuages, et les différens objets capables de céder à son impulsion.

Les molécules d'eau se réunissent par l'inégalité de leurs vitesses centrifuges. Elles forment une pluie qui est plus ou moins abondante, suivant la rapidité du mouvement giratoire de la

(*h*) Une force centrifuge est celle qui tend à éloigner un corps du centre autour duquel il circule.

colonne. Il arrive souvent qu'elles se convertissent en grêle, quand leur force de projection et la hauteur de leur chute produisent une évaporation suffisante.

Il y a des physiciens qui mettent les trombes au rang des phénomènes électriques. Lorsqu'un nuage électrisé passe auprès de la terre, qui est dans un état naturel ou négatif, le fluide électrique s'élance vers le globe, avec une portion du nuage qui forme alors une espèce de cône ou de cylindre qu'on appelle *trombe descendante*. Si le nuage est dans son état naturel, pendant que le globe terrestre se trouve surchargé de matière électrique; l'eau de la mer, des lacs ou des étangs, est portée vers le nuage, et l'on voit une *trombe ascendante*.

CHAPITRE III.

DES MÉTÉORES LUMINEUX.

Ces météores sont l'effet des rayons de lumière qui se réfléchissent ou se réfractent dans l'air. On distingue les couronnes, les parhélies, les parasélènes, la lumière zodiacale et l'arc-en-ciel.

Les Couronnes. (Fig. 295.)

485. C'est le nom qu'on donne aux anneaux lumineux qui brillent quelquefois autour du soleil, de la lune, des planètes et des étoiles, quand un léger brouillard se trouve entre ces astres et le spectateur.

On attribue ce phénomène aux petites molécules d'eau qui réfractent la lumière; il est facile de l'imiter pendant l'hiver, en regardant la flamme d'une bougie au travers des vapeurs qui s'élèvent hors d'un vase plein d'eau chaude.

Soit AB, un nuage qui a la figure d'une zone circulaire, C l'œil

du spectateur, et D le soleil. Les faisceaux de lumière, tels que DA et DB, se réfractent en traversant le brouillard, et se divisent en sept filets colorés qui prennent les directions AC et BC. Si les rayons violets se dirigent vers l'œil, tandis que les autres passent à côté, la zone AB paroîtra violette; nous la jugerons en F et en G, parce que les rayons entrent dans l'œil, comme s'ils venoient réellement des points F et G.

Parhélies et Paraselènes. (Fig. 296.)

486. Ces météores sont des images du soleil et de la lune, qui ont souvent une queue très-longue, et qui sont presque toujours environnées de couronnes. On en voit deux ou trois, et même jusqu'à sept; ils n'ont lieu qu'en hiver, et surtout dans les pays froids : c'est pourquoi la plupart des physiciens les regardent comme un effet des rayons qui sont réfléchis ou réfractés par des vapeurs glacées.

L'œil A voit le soleil en S, par le moyen du faisceau de lumière SBA; mais la pyramide lumineuse SD, qui est réfléchie vers A par un petit glaçon D, nous présente une image en F; et le cône de lumière SI, qui est réfracté vers A par une autre molécule de glace I, nous offre une seconde image en G. Nous pouvons donc en apercevoir un certain nombre autour de l'astre.

Lumière zodiacale.

487. Cette lumière, découverte par Cassini, le 18 mars 1683, ressemble à celle de la voie lactée. On l'aperçoit quelquefois, le soir ou le matin, sous la forme d'un cône ou d'une portion de fuseau, dont la base est dirigée vers le soleil, tandis que la pointe est tournée vers une étoile du zodiaque.

On croit que ce météore est une partie de l'atmosphère solaire qui est lancée vers la surface de la terre.

Arc-en-ciel. (Fig. 297.)

488. L'arc-en-ciel est une zone demi-circulaire ornée des sept

couleurs primitives, et que nous voyons quelquefois briller dans les nuages, quand nous avons le dos tourné vers le soleil ou la lune.

On observe souvent deux arcs parallèles et concentriques. Le premier, ou l'arc intérieur BCD, a des couleurs plus éclatantes; elles sont, en allant de bas en haut, le violet, le pourpre, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé et le rouge. Le second, ou l'arc extérieur GHI, a des couleurs plus foibles, et qui sont dans un ordre renversé.

Képler fut le premier qui attribua ce météore aux rayons du soleil réfractés et réfléchis par les gouttes de pluie. Antoine *de Dominis*, archevêque de Spalato, développa ce principe dans un ouvrage imprimé sur la fin du seizième siècle. Enfin Newton eut la gloire d'en faire une application plus heureuse, en y ajoutant ses découvertes sur les couleurs et la diverse réfrangibilité des rayons.

Première Expérience. (Fig. 298.)

489. Soit ABC une boule de verre très-mince, et remplie d'eau bien limpide. On la suspend au plafond d'une chambre obscure, et l'on dirige vers la partie supérieure AB un faisceau de lumière EA. Il se rapproche de la perpendiculaire AF (248), et va frapper le fond du globe en B. La plupart des rayons passent au travers de son épaisseur; d'autres se réfléchissent vers le point C. Ils se décomposent et s'éloignent de la perpendiculaire CG, en passant de l'eau dans l'air; mais les rouges, qui sont moins réfrangibles que les autres, décrivent CR, tandis que les violets suivent la droite CV.

L'œil R, placé entre la boule et la fenêtre, voit un rouge très-vif sur la direction RCM. En s'élevant jusqu'au point V, il aperçoit le violet sur la droite VCL, et les autres couleurs se trouvent entre M et L.

L'angle d'*émergence* est formé par le faisceau de lumière qui pénètre dans la boule, et par celui qui en sort. Il est d'environ

42 degrés 2 minutes pour les rayons rouges, et de 40 degrés 17 minutes pour les violets. Les cinq autres couleurs ont un angle d'émergence plus petit que le premier *EMR*, et plus grand que le dernier *EMV*.

Arc intérieur. (Fig. 299.)

490. L'arc intérieur nous présente, en allant de bas en haut, le violet, le pourpre, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé et le rouge. Il doit son existence aux rayons qui éprouvent une réflexion et deux réfractions dans les gouttes de pluie.

Soient *SA*, *SE* deux faisceaux de lumière émanés du soleil, et qui sont presque parallèles, à cause de l'énorme distance de cet astre. Lorsqu'ils entrent dans les gouttes d'eau *M* et *P*, ils suivent les droites *AB* et *EC*, en se rapprochant des perpendiculaires *AM* et *EP* (248). Quelques-uns des rayons s'élancent hors de ces globules; mais d'autres se réfléchissent vers les points *D* et *F*, où ils se réfractent une seconde fois, pour se diviser en filets colorés.

Si l'angle *SGO* est de 42 degrés 2 minutes, l'œil en *O* verra le rouge sur la droite *ODG*, et les autres rayons, tels que *DK*, passeront au-dessus de cet organe, parce qu'ils s'éloignent de la perpendiculaire *DL*, plus que les rouges (300).

De même, en supposant que l'angle *SHO* soit de 40 degrés 17 minutes, on apercevra le violet sur la droite *OFH*; mais l'œil ne recevra pas les autres filets de lumière qui s'écartent moins de la perpendiculaire *FN*, et qui se trouvent au-dessous de *FO* comme le rayon *FR*.

Les gouttes situées entre *M* et *P* nous renverront les autres couleurs, et nous aurons une bande ornée des sept couleurs prismatiques.

Deuxième Expérience. (Fig. 300.)

491. On élève la boule *ABC*, de manière que le faisceau de lumière *SA* tombe sur la partie inférieure. Après avoir par-

couru la droite AB, il se réfléchit aux points B et C, pour arriver en D, où il se réfracte une seconde fois.

Il se partage en rayons colorés, et les rouges, qui s'éloignent moins que les autres de la perpendiculaire FD, suivent la droite ID; ils font avec SA un angle d'émergence SOI de 50 degrés 57 minutes, et l'on aperçoit le rouge sur IDH.

Les rayons violets s'écartent plus que tous les autres de la perpendiculaire DF. Ils prennent la direction DK, et l'on voit la couleur violette sur KDG, tandis que les autres sont entre DH et DG.

L'angle d'émergence SLK est d'environ 54 degrés 9 minutes.

Arc extérieur. (Fig. 301.)

492. Cet arc est formé par des rayons qui éprouvent deux réflexions, et deux réfractions dans les gouttes de pluie. Il a des couleurs moins vives que celles de l'arc intérieur, et qui sont, en allant de bas en haut, le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, le pourpre et le violet.

Soient V et T deux gouttes d'eau qui reçoivent les faisceaux parallèles SA et EF. Ils se réfractent, en sortant par les points D et N, après avoir été réfléchis deux fois dans l'intérieur de ces globules. L'œil en O voit le violet sur la direction OD, si l'angle d'émergence SKO est de 54 degrés 9 minutes. Les autres filets colorés, tels que DL, s'éloignent moins de la perpendiculaire ID, et passent au-dessus du point O.

On aperçoit le rouge sur la droite OQ, lorsque l'angle d'émergence EQO est de 50 degrés 57 minutes. Les gouttes situées entre V et T renvoient les autres couleurs, parce que l'angle d'émergence est alors compris entre SKO qui est de 54 degrés 9 minutes, et EQO qui est de 50 degrés 57 minutes (576).

CHAPITRE IV.

DES MÉTÉORES IGNÉS.

On nomme ainsi les météores que l'on attribue à l'électricité, ou bien à des substances qui s'enflamment dans l'atmosphère. Les principaux sont les feux follets, les étoiles tombantes, les globes de feu, les aurores boréales et le tonnerre.

Feux follets.

493. Les feux follets sont une flamme légère qui voltige quelquefois durant les nuits d'été, près des marais et des cimetières. Ils paroissent être l'effet de l'air inflammable qui s'échappe des matières animales ou végétales en putréfaction. Ce gaz est allumé par le fluide électrique, ou par d'autres causes inconnues.

Étoiles tombantes.

494. Ces feux volans ressemblent à des étoiles qui abandonnent le ciel, pour se précipiter vers la terre, en traçant dans l'air un sillon de lumière.

Cette lumière fugitive n'est peut-être que le fluide électrique de l'air, qui parcourt des vapeurs humides, en formant des étincelles dans tous les intervalles qui les séparent.

Globes de feu.

495. Les globes de feu sont ordinairement de couleur rouge, et sont accompagnés d'une queue très-longue qui se termine en pointe. Ils disparoissent quelquefois avec une detonnation violente. Celui qu'on observa, le 17 juillet 1771, étoit plus gros et plus brillant que la lune : il avoit une queue fort large et parsemée de couleurs différentes. Sa lumière éclairoit toute la ville de Paris ;

mais on le vit éclater subitement, en répandant un grand nombre d'étincelles semblables aux étoiles des feux d'artifice.

Il y a des physiciens qui prétendent que les globes de feux sont une masse de fluide électrique accumulé dans une partie de l'atmosphère.

Celui qu'on a remarqué près d'Alençon, le 6 floréal an XI, étoit animé d'une grande vîtesse. Son explosion fut suivie d'un roulement épouvantable, et l'on vit tomber des pierres qui pesoient depuis deux ou trois gros jusqu'à dix-sept livres.

Aurores boréales.

496. L'aurore boréale est un nuage transparent et lumineux, qui paroît ordinairement vers le nord. Elle répand une clarté plus vive et plus brillante que celle du crépuscule. Ce phénomène est assez rare en France, et plus encore en Italie; mais il est très-fréquent dans les pays septentrionaux, comme la Russie, le Danemarck et la Suède.

On voit d'abord un nuage obscur qui a la forme d'un segment sphérique dont l'horizon fait la corde, et qui est bordé par des arcs lumineux. Il en sort ensuite des faisceaux de lumière qui s'élancent jusqu'au zénit, où ils sont terminés par une espèce de couronne. Le météore est alors dans sa plus grande magnificence, et présente l'aspect d'un pavillon semé de couleurs éclatantes. Il se dissipe quelquefois avec une rapidité surprenante, et d'autres fois avec lenteur, de manière qu'il se réunit au crépuscule du matin.

M. de Mairan pense que la lumière zodiacale est la principale cause des aurores boréales. La rotation diurne de la terre entraîne ce fluide vers les deux poles, où il se montre sous la figure de couronnes et de jets colorés.

D'autres physiciens regardent ce phénomène comme un effet du fluide électrique, parce que les aurores boréales électrisent des pointes isolées, et modifient la direction de l'aiguille aimantée, comme une étincelle électrique.

Le Tonnerre.

497. L'air, agité par les vents, s'électrise en frottant sur lui-même, et contre la surface du globe. Il transmet son électricité aux nuages qui se trouvent isolés dans le sein de l'atmosphère. Quand l'un de ces conducteurs vient à rencontrer un autre nuage dans un état naturel ou négatif, la matière électrique du premier s'élance avec rapidité sur le second, et produit ainsi l'*éclair* qui nous éblouit.

Si le nuage orageux ou surchargé d'électricité, passe auprès d'un arbre ou d'un édifice; le fluide électrique, attiré par ces différens objets, éclate sous la forme d'un trait de feu qui se nomme *la foudre*. Elle est alors *descendante;* et l'on dit qu'elle est *ascendante*, lorsque le fluide électrique abandonne la terre pour s'élever dans l'air.

On a comparé le bruit du tonnerre à celui d'une forte étincelle, répété par les échos des nuages; mais ces amas de molécules aqueuses sont trop mobiles, pour être capables de réfléchir le son. D'ailleurs, on sait qu'un coup de canon, tiré en pleine mer, n'est jamais entendu qu'une seule fois, et sans roulement, quel que soit le nombre des nuages qui obscurcissent le ciel, tandis que le tonnerre y gronde aussi bien que sur le continent. On ne peut donc assurer que ce phénomène soit l'effet d'une explosion multipliée par des échos.

Les coups répétés du tonnerre, paroissent être le résultat des nuages qui se montrent tout-à-coup dans les temps d'orage. Les rayons du soleil et les chaleurs de l'été, favorisent la décomposition de l'eau, et la putréfaction des matières animales ou végétales. Ces opérations de la nature fournissent beaucoup d'air inflammable qui s'élève dans les régions supérieures de l'atmosphère. L'électricité de l'air allume ce gaz, et le combine avec l'air vital, pour former de l'eau qui produit un nuage, ou même une pluie très-abondante. Cette masse d'air, qui passe à l'état de

liqueur, forme un vide où les couches supérieures et latérales se précipitent avec force; et c'est l'origine du premier coup qui frappe nos oreilles. Ces couches d'air, étant dilatées, abandonnent une partie de l'eau qu'elles tiennent en dissolution. Elles font un vide nouveau qui se remplit comme le précédent, et qui est la cause du second coup. Il en est de même pour les autres coups qui deviennent plus foibles à mesure que les colonnes d'air sont plus éloignées du centre, parce qu'elles sont moins dilatées, et qu'elles n'abandonnent qu'une petite quantité d'eau.

NOTES.

DENSITE.

498. La masse d'un corps est égale à sa densité multipliée par le volume.

Démonstration.

Soit m la masse, u le volume, et d la densité.

Chaque unité de volume renferme d de parties; or, le nombre de ces unités est u. La somme des parties ou la masse, est donc $ud=m$.

499. Les densités sont en raison inverse des volumes, quand la masse est la même.

Démonstration.

Soit V le volume d'un corps; u celui d'un autre; D la densité du premier; d celle du second, et m leur masse.

Nous aurons (498) $m=VD$, et $m=ud$, ce qui donne $VD=ud$, ou $d : D :: V : u$.

Réaction.

500. La réaction d'un corps est égale, et contraire à la pression qu'il éprouve.

Si l'un des bassins d'une balance est chargé de cinq kilogrammes, et que vous pressiez l'autre avec la main pour établir l'équilibre, ce dernier repoussera votre main avec une force égale au même poids.

Quand une personne qui est dans un bateau, en tire un autre semblable avec une corde, on les voit s'approcher et se réunir au milieu de l'intervalle qui les séparoit. Le second obéit au mouvement qu'on lui imprime, et sa réaction entraîne le premier.

Différence de Niveau. (Fig. 302.)

501. Le niveau de plusieurs objets est vrai toutes les fois qu'ils sont également éloignés du centre de la terre. Il est apparent, lorsqu'ils sont dans un même plan horizontal.

Soit G le centre de la terre, BP la surface, BR une droite horizontale qui a peu d'étendue; les points B et P ont un niveau vrai; mais celui des points R et B n'est qu'apparent. La différence de leurs distances au centre du globe est la droite PR.

Pour déterminer cette quantité, j'observe, 1°. que l'arc BP, supposé très-petit, est sensiblement égal à sa tangente BR; 2°. que la tangente est moyenne proportionnelle entre la sécante RF et sa partie extérieure; 3°. que la droite PR est très-petite à l'égard de PF, et qu'il est permis de faire $PF = RF$.

Nous aurons RF ou $PF : BR :: BR : PR$; mais PF est le diamètre de la terre, et BR est l'intervalle qui sépare les deux points R et B. On connoîtra donc $PR = \frac{BR^2}{PF}$.

Des corps flottans dont la distance est capillaire.

Premier Phénomène. (Fig. 365.)

502. Deux corps qui nagent à la surface d'un liquide, s'approchent l'un de l'autre quand ils ont de l'affinité pour ce fluide, et qu'ils sont écartés de quelques millimètres seulement.

Expérience.

Si vous établissez deux globules de liége, A et B, sur la surface d'une eau tranquille, IK, vous les verrez se porter l'un vers l'autre dès qu'ils seront à une petite distance.

L'eau s'élève autour d'eux à cause de leur affinité pour ce liquide. Il en résulte de petites masses courbes telles que EF et GH, qui les tirent à-peu-près comme feroient des chaînes pesantes. Elles se font équilibre parce que chacun des corps est sollicité par des forces égales, GH et KL; mais, lorsqu'on diminue l'intervalle des globules, ils sont entraînés par le poids et l'attraction des petites masses intermédiaires qui se pénètrent réciproquement.

Second Phénomène. (Fig. 366.)

503. Deux corps paroissent encore s'attirer quand ils ne peuvent être mouillés par le fluide environnant.

Expérience.

On répète la première expérience avec deux balles de liége, qui ont été charbonnées à la flamme d'une bougie.

La surface du liquide se déprime autour de ces globes. Ils sont également pressés en tous sens, et restent immobiles; mais, lorsqu'on les approche, les petites masses d'eau EF et CD se confondent; le fluide s'abaisse entre les deux corps, et le sommet C de la courbure (*fig.* 367) se trouve au-dessous de la surface GH. Les globules se précipitent l'un vers l'autre, parce que la pression qu'ils éprouvent dans l'intervalle qui les sépare, est alors moindre que vers les points I et K (*fig.* 367).

Troisième Phénomène. (Fig. 368.)

504. Les deux corps s'écarteront l'un de l'autre, si le premier peut être mouillé par le liquide, tandis que le second n'a pas cette propriété.

Expérience.

On fait usage d'une balle de liége A, qui est dans son

et le poids d'une masse d'eau $FGHI$ est le même que celui du solide.

509. Un solide $MGHK$ reste dans la place qu'il occupe, toutes les fois que sa pesanteur spécifique est égale à celle de l'eau (*fig.* 370).

Démonstration.

Il est pressé de haut en bas par son poids, et par celui de la colonne d'eau $OMKN$. La force qui le soulève est égale au poids d'une colonne d'eau qui auroit GH pour base et GO pour hauteur, ou qui seroit composée de $OMKN$ et de $MGHK$; mais on suppose que le poids de la dernière partie est le même que celui du solide. Ce corps placé entre des forces égales et contraires sera donc immobile.

Pesanteur spécifique.

510. Le poids d'un corps est égal à sa pesanteur spécifique multipliée par le volume (17).

Démonstration.

Soit b ce que pèse l'unité de volume, u le nombre de ces unités ou le volume entier. Le poids du corps sera b pris u de fois ou bu; mais je le représente par p. J'aurai donc $p = bu$.

511. Les pesanteurs spécifiques sont entr'elles comme les poids, quand les volumes sont égaux.

Démonstration.

Soit u le volume commun à deux corps, b la pesanteur spécifique du premier, et d celle du second. Si le poids de l'un est p, et que celui de l'autre soit R, nous aurons $bu = p$. et $du = R$.

Mais deux quantités sont dans le même rapport que eurs valeurs. Nous aurons donc $bu : du :: p : R$; et $b : d :: p : R$, en divisant par u les deux termes du premier rapport.

Pesanteur spécifique des solides.

512. Pour savoir combien de fois la pesanteur spécifique de l'argent, par exemple, contient celle de l'eau pure, on pèse un morceau de ce métal dans l'air et dans l'eau. On divise le poids du corps dans l'air par celui qu'il perd dans l'eau, et l'on multiplie ce quotient par l'unité ou par mille, suivant qu'on représente la pesanteur spécifique de l'eau par 1 ou par 1000.

Soit p le poids du corps dans l'air, u son volume, R ce qu'il perd dans l'eau, ou le poids d'un pareil volume d'eau (38), x sa pesanteur spécifique, e celle de l'eau distillée.

Nous aurons (510) $ux = p$ et $ue = R$, d'où l'on tire $ux : ue :: p : R$, ou $x : e :: p : R$, et $x = \frac{ep}{R} = \frac{p}{R}$, en faisant $e = 1$.

Aréomètre de Fareinheit. (Fig. 27.)

513. Cet instrument sert à trouver le rapport qui règne entre la pesanteur spécifique d'un liquide, et celle de l'eau distillée.

Démonstration.

Soit p le poids de l'appareil; b celui qui est dans le bassin, quand l'aréomètre s'enfonce dans l'eau distillée jusqu'au point D; e la pesanteur spécifique de l'eau, et u le volume de la partie plongée, ou celui de l'eau déplacée.

Le poids de ce liquide sera ue (510), et nous aurons $ue = p + b$ (42); mais en représentant par x la pesanteur spécifique d'un autre liquide, et par c le poids qu'il faut substituer à b, pour que l'aréomètre y descende jusqu'en D, on a $ux =$

$p + c$. Nous aurons donc $ux : ue :: p + c : p + b$, et $x = e\frac{(p+c)}{p+b} = \frac{p+c}{p+b}$, en faisant $e = 1$.

Aréomètre de Nicolson. (Fig. 18.)

514. On peut faire usage de cet instrument pour déterminer le rapport de la pesanteur spécifique d'un solide à celle de l'eau distillée.

Démonstration.

Soit u le volume d'un fragment de marbre, x sa pesanteur spécifique, e celle de l'eau. Vous aurez ux pour le poids du solide, et ue pour celui d'un pareil volume d'eau (510).

Si vous représentez par b le poids de l'instrument, et par f celui qu'on établit dans le bassin D, pour enfoncer l'aréomètre jusqu'au point A; le poids de l'eau déplacée sera égal à $b + f$ (42).

Lorsque vous aurez mis le marbre dans le bassin D, vous serez obligé d'en ôter f et d'y substituer un moindre poids exprimé par g; de manière que vous aurez $b + g + ux$ pour le poids de l'eau déplacée (42); mais il est aussi égal à $b + f$. Vous aurez donc $ux = f - g$.

Quand le petit corps sera dans le bassin G, il perdra une partie de son poids représentée par ue (38), et vous ajouterez à g un petit poids $K = ue$, ce qui vous donnera $ux : ue :: f - g : K$, ou $x = e\left(\frac{f-g}{K}\right)$.

Quand on connoît le poids de l'instrument, et celui qui est nécessaire pour l'enfoncer dans l'eau distillée jusqu'au point marqué sur la tige, on peut employer tout autre liquide.

Soit x la pesanteur spécifique de ce fluide, y celle du solide, et u son volume, de manière que son poids dans

l'air sera $uy = p$. Il est égal à celui que le solide remplace dans le bassin supérieur.

Lorsqu'on l'établit dans l'autre bassin, il perd une partie de son poids égale à celui d'un pareil volume du liquide, et représentée par $ux = q$.

Nous aurons $p : q :: uy : ux$, ou bien $p : q :: y : x = \frac{qy}{p}$.

Soit a le poids de l'instrument, b ce qu'il faut ajouter dans l'eau distillée, et c le poids additif pour le nouveau liquide. Il s'ensuit que le poids d'un volume d'eau égal à la partie plongée est $a + b$, tandis que celui d'un pareil volume du liquide est $a + c$; mais (511) les pesanteurs spécifiques sont entr'elles comme les poids quand les volumes sont égaux; nous aurons donc $x : e :: a + c : a + b$, ou $x = e\left(\frac{a+c}{a+b}\right)$.

Comparant les deux valeurs de x, on aura $\frac{qy}{p} = e\left(\frac{a+c}{a+b}\right)$, et $y = \frac{pe}{q}\left(\frac{a+c}{a+b}\right) = \frac{p}{q}\left(\frac{a+c}{a+b}\right)$, en faisant $e = 1$.

Machine pneumatique.

Probléme.

515. Trouver la densité de l'air qui est sous le récipient après un certain nombre de coups de piston.

Solution.

Soit d la densité de l'air extérieur, R la capacité du récipient, et p celle du corps de pompe.

Après le premier coup de piston, l'air enfermé sous la cloche, occupe un espace représenté par $R + p$, et sa densité x est en raison inverse de son volume (499), ce qui

donne cette proportion $d : x :: R + p : R$ ou $x = d. \frac{R}{p + R}$.

En remontant le piston, vous chassez l'air contenu dans le corps de pompe, et la densité de celui qui reste sous le récipient, est exprimée par x. Elle sera moindre après le second coup de piston, et si vous la désignez par y, vous aurez x ou $\frac{d. R}{p + R} : y :: p + R : R$, d'où l'on tire $y = d. \frac{R^2}{(p + R)^2}$.

Vous trouverez de cette manière, qu'après un nombre n de coups de piston, la densité sera $\frac{d. R^n}{(p + R)^n}$. Si vous supposez qu'elle soit à celle de l'air exterieur comme 1 est à b, vous aurez $\frac{d. R^n}{(p + R)^n} : d :: 1 : b$, ou $b R^n = (p + R)^n$; équation qui renferme quatre quantités, et qui vous donnera l'une d'elles quand vous connoîtrez les trois autres.

Exemple.

Quel est le nombre des coups de piston qui rendroient l'air intérieur huit fois moins dense que l'air extérieur?

Nous aurons $\frac{d. R^n}{(p + R)^n} : d :: 1 : 8$, ou $8 R^n = (p + R)^n$, et $log. 8 + n\ log. R = n\ log. (p + R)$, d'où l'on tire $n = \frac{log. 8}{log. (p + R) - log. R}$.

Hauteur d'une montagne BCD. (Fig. 303.)

516. Après avoir mesuré sur le terrein, une base AB, j'établis un graphomètre en A. Dirigeant la lunette fixe vers un piquet ou jallon planté en B, et la lunette mobile vers le sommet de la montagne, j'ai l'angle DAC.

Je détermine aussi l'angle DBA par le moyen de l'instrument; et comme les sinus des angles sont dans le même

rapport que les côtés opposés, je fais cette proportion, BD : AB :: *sin.* A : *sin.* D, ce qui donne $BD = \frac{AB.\ sin.\ A}{sin.\ D}$.

Dans le triangle CBD, connoissant l'angle B qui est le supplément de l'angle ABD, l'angle C qui est droit, et le côté BD, j'aurai CD : BD :: *sin.* B : R, ou $CD = \frac{BD.\ sin.\ B}{R}$.

Poids de l'air saturé d'eau.

517. La pesanteur spécifique de l'air diminue quand il se combine avec l'eau.

Saussure a démontré cette vérité par le moyen d'un vaisseau de verre qui avoit un volume de 1728 pouces cubes (34 décimètres cubes).

Il contenoit, 1°. de l'air bien desséché par la potasse, et pesant 751 grains (40 grammes); 2°. un baromètre simple; 3°. un linge humide; 4°. un hygromètre à cheveu; 5°. un thermomètre. L'orifice étoit couvert d'une plaque de métal qui ne permettoit pas à l'air extérieur d'y entrer.

Le mercure du baromètre s'éleva d'un cinquante quatrième, pendant que l'air intérieur absorboit 10 grains d'eau (5 décigrammes). Il s'ensuit que le ressort de ce fluide élastique augmenta, comme si l'on avoit introduit un cinquante quatrième d'air, ou 32 pouces cubes dans le vase. Son volume auroit été de 1750 pouces cubes, s'il eût été libre et seulement chargé du poids de l'atmosphère. Or 1750 pouces cubes d'air sec, à 15 degrés du thermomètre, pèsent environ 765 grains, tandis que celui du ballon n'en pesoit que 761 ; savoir, 10 grains pour le poids de l'eau combinée, et 751 pour celui de l'air enfermé dans l'appareil : ainsi l'air saturé d'eau pèse moins que celui qui ne l'est pas, et l'augmentation de son volume est plus grande que celle de sa masse.

Échelle diatonique.

518. Si l'on a huit cordes qui donnent la gamme ordinaire, elles feront des vibrations représentées par la suite :

$$1,\ \tfrac{9}{8},\ \tfrac{5}{4},\ \tfrac{4}{3},\ \tfrac{3}{2},\ \tfrac{27}{16},\ \tfrac{15}{8},\ 2.$$
ut, ré, mi, fa, sol, la, si, ut.

Ces nombres servent à comparer les intervalles des sons. Ainsi, nous aurons *ré* : *ut* :: $\frac{9}{8}$: 1 :: 9 : 8, et *mi* : *ré* :: $\frac{5}{4}$: $\frac{9}{8}$ :: 40 : 36 :: 10 : 9; mais le rapport de 9 à 8 est plus grand que celui de 10 à 9, puisque $\frac{9}{8}$ — $\frac{10}{9}$, ou $\frac{81}{72}$ — $\frac{80}{72}$ = $\frac{1}{72}$; l'intervalle du *ré* au *mi* est donc un peu moindre que celui d'*ut* à *ré*.

Basse fondamentale.

519. La basse fondamentale d'un son n'est autre chose que la réunion du son générateur et de ses deux quintes ou de ses deux tierces majeures, l'une au-dessous et l'autre au-dessus. Le chant *fa*, *ut*, *sol* est la basse fondamentale d'*ut* par quintes; cet autre *sol*, *ut*, *mi* est la basse fondamentale par tierces.

La note principale, qui est l'*ut*, se nomme *tonique;* sa quinte au-dessus est la dominante, et celle qui se trouve au-dessous porte le nom de *sous-dominante*.

Du Mode.

520. Le mode est composé du son générateur, de ses deux quintes et de leurs harmoniques qui sont leurs tierces majeures, leurs quintes et leurs octaves.

Un mode est majeur lorsque la tierce du son fondamental est majeure. Ainsi, les sons *ut*, *mi*, *sol*, *ut*, forment le principal accord du mode majeur d'*ut;* il plaît à l'oreille, parce que le son *ut* (132) nous annonce le *mi* qui est sa tierce

majeure, et le *sol* qui est sa quinte; mais le *mi* ne fait pas entendre le *sol* qui est sa tierce mineure.

Le mode est mineur si la tierce du son principal ne renferme qu'un ton et demi. Le chant *ut*, *mi* ♭, *sol*, *ut*, est l'accord parfait du mode mineur d'*ut*. Il est vrai que le *mi* bémol n'est point engendré par *ut* dont il est la tierce mineure; mais il fait résonner le *sol*, qui est sa tierce majeure; et cette nouvelle suite de sons est agréable à l'oreille, quoiqu'elle ne la flatte pas autant que la première.

Axe du Cône d'ombre. (Fig. 304.)

521. En supposant que A soit le soleil et C la terre, EFH sera le cône d'ombre qui aura pour axe la droite CF. Dans les triangles ABF et CEF nous avons $AB : CE :: AF : CF$, et $AB - CE : CE :: AF - CF$ ou $AC : CF$.

Le rayon du globe solaire est 111 fois plus grand que celui de la terre, et l'intervalle qui sépare ces deux astres est de 23980 rayons terrestres. Ainsi, nous aurons $CE = 1$, $AB = 111$, $AC = 23980$; ce qui donne $110 : 1 :: 23980 : CF = 218$ rayons de la terre, ou 109 diamètres.

Des expériences, faites avec différens globes exposés au soleil, nous apprennent que l'ombre noire s'étend à 15 ou 16 diamètres du corps opaque, au lieu de 109 que donne le calcul. On attribue ce phénomène à l'inflexion des rayons qui se brisent en rasant la surface des corps.

Hauteur du Soleil. (Fig. 305.)

522. L'ombre vraie BC, d'un corps opaque BG, peut servir à mesurer la hauteur du soleil I, ou l'angle ICB, puisque le triangle GBC nous donne $BC : BG :: R : tang.\ BCG$.

Longueur des Ombres.

523. Les ombres sont plus courtes à midi que le soir ou

le matin; elles diminuent à mesure que le soleil approche du méridien.

En effet, nous avons (522) $BC = \frac{R.\ BG}{tang.\ BCG}$; mais la hauteur BG du corps opaque, et le rayon des tables, ne changent pas. L'ombre ne dépend donc que de l'angle BCG, qui rend la valeur de BC plus petite, quand il est plus grand.

Miroirs plans. (Fig. 306.)

524. La distance de l'image est égale à celle de l'objet.

Démonstration.

Soit A le point visible, DAE un faisceau de lumière qui entre dans l'œil S, après avoir été réfléchi par le miroir BC; AF une perpendiculaire abaissée de l'objet sur le miroir.

Le prolongement du rayon KE coupera la perpendiculaire AF en un point quelconque G, et l'angle de réflexion KEB sera égal à celui d'incidence AEF; mais $KEB = FEG$ comme opposé par le sommet. Les deux triangles AFE et GFE, qui ont un côté EF adjacent à deux angles égaux, nous donneront donc $AF = FG$.

Si le rayon HD prolongé ne rencontroit pas la perpendiculaire au point G, il la couperoit en un point quelconque, M, par exemple. Mais $FM = FA$ ou FG, parce que les triangles ADF et FDM sont égaux. Les rayons prolongés se réuniroient donc en G où nous apercevrons l'image.

525. Un objet horizontal AB paroît vertical, quand il est placé devant un miroir CD incliné de 45° (*fig.* 307).

Démonstration.

Si nous abaissons de l'extrémité B une perpendiculaire BG prolongée jusqu'à la verticale EC, nous aurons $EG = BG$,

puisque les triangles CEG et CBG ont un côté commun CG, un angle droit en G, et un angle de 45° en C. Mais l'image est, derrière le miroir, à la même distance que l'objet par devant (524). Nous verrons donc l'extrémité B au point E.

On prouvera de même que l'image du point I se trouve en L, et par conséquent l'image de l'objet AB est verticale.

Problème. (Fig. 308.)

526. Connoissant la position d'un point B et celle de l'œil S, trouver le faisceau de lumière qui est réfléchi vers cet organe par le miroir CF.

Solution.

Après avoir prolongé la perpendiculaire BC, de manière que l'on ait $EC = BC$, je tire la droite ES, et du point D, où elle rencontre le miroir, je mène DB. Cette ligne est la direction du filet de lumière qui entre dans l'œil, en parcourant DS.

Car l'angle de réflexion SDF est égal à l'angle CDE comme opposé par le sommet; or CDE est égal à l'angle BDC, parce que les triangles BCD et ECD ont un angle égal C compris entre deux côtés égaux. Le faisceau de lumière BD est donc renvoyé dans l'œil suivant la droite DS.

527. L'image EL d'un objet BG parallèle au miroir CF, est deux fois plus grande que la partie DI qui réfléchit les pyramides lumineuses.

Démonstration.

On voit les extrémités B et G de l'objet aux points E et L (225), par le moyen des filets de lumière BD et GI qui prennent les directions DS et IS (526). La partie DI est la seule qui réfléchisse des rayons dans l'œil; mais ID

est la moitié de CF ou EL, puisque les triangles semblables SDI, SEL nous donnent $ID : EL :: SD : SE :: CB : BE :: 1 : 2$. Ainsi l'espace que l'image occupe dans le miroir, est deux fois moindre que l'objet.

Il s'ensuit qu'une glace verticale doit avoir la moitié de la hauteur de celui qui s'y regarde. Si les bordures cachent une portion de son image, il ne l'apercevra pas toute entière, quand même il s'approcheroit ou s'éloigneroit du miroir.

528. L'inclinaison de l'image AB (Fig. 309) est égale à celle du miroir EF vers l'objet CD.

Démonstration.

Si des points M, N et D l'on abaisse les perpendiculaires MI, NH, DG, et que l'on fasse $IL = MI$, $HK = NH$, $AG = GD$; la droite AL sera la direction de l'image (524). Or l'angle AEG est égal à l'angle GED, puisque les triangles AEG et GED ont un angle droit G compris entre deux côtés égaux. L'inclinaison de l'image est donc égale à celle du miroir.

On voit que les glaces des appartemens doivent être bien verticales, afin que les images des murs et des meubles soient dans la position de l'objet.

529. Le mouvement angulaire des images est deux fois plus grand que celui du miroir qui tourne sur un axe (Fig. 310).

Démonstration.

Soit AB le miroir, et EC un rayon de lumière qui se réfléchit vers D, en faisant l'angle DCB égal à celui d'incidence ECA (222).

Si le miroir passe de A en F, le rayon EC prendra la direction CH, et nous aurons $ECF = GCH$.

Le rayon réfléchi décrit l'arc DH, tandis que le miroir ne parcourt que BG; or $DH = 2BG$.

Car $DH = DB + BG - GH$; mais DB ou $EA = FA + EF = BG + GH$. Nous aurons donc $DH = BG + GH + BG - GH = 2BG$.

On peut se convaincre de cette vérité en observant les phénomènes qui suivent :

1°. Les images du soleil paroissent animées d'une grande vîtesse, quand on les produit avec un miroir qui est mobile.

2°. Elles ont un mouvement très-sensible lorsqu'elles sont réfléchies par la surface d'une eau légèrement agitée.

3°. L'usage des télescopes à réflexion est difficile pour ceux qui n'en ont point acquis l'habitude. Le moindre mouvement du miroir écarte l'image que l'on saisit avec peine, et qui échappe aisément.

530. Des rayons parallèles CA, DB, qui tombent sur un miroir plan GH, se réfléchissent parallèles (*fig.* 311).

Démonstration.

L'égalité des angles d'incidence et de réflexion nous donne $FBH = DBG$, et $EAH = CAG$; mais les angles DBG et CAG sont égaux comme angles correspondans. Nous aurons donc $FBH = EAH$, et les droites AE, BF seront parallèles.

531. Un miroir plan BC (*fig.* 306) ne change rien à l'écartement des rayons, tels que AD et AE, c'est-à-dire que l'angle KGH est égal à l'angle DAE.

Démonstration.

On a l'angle $DAE = DAF - EAF$, et $DGE = DGF - EGF$; mais $DAF = DGF$ à cause de l'égalité des triangles FAD, FGD. Celle des triangles FAE, FGE nous donne $EAF = EGF$; nous aurons donc KGH ou $DGE = DAE$.

Miroirs concaves.

Foyers des rayons parallèles. (Fig. 312.)

532. Il est au milieu du rayon de la sphère dont le miroir fait partie.

Démonstration.

Soit AB une petite portion du miroir; C le centre; PA, GD, EB, trois filets de lumière qui sont parallèles; CA, CD et CB, les perpendiculaires aux points A, D et B.

Le rayon GD, perpendiculaire en D, revient sur ses pas (223); mais EB, qui est oblique, fait l'angle de réflexion CBF égal à celui d'incidence EBC. Il coupe le rayon GD au point F, qui est le foyer des rayons parallèles.

Nous avons $CBF = EBC$; mais les angles EBC et BCF sont égaux comme alternes internes. Le triangle BCF est donc isocèle et nous donne $BF = CF$; or BF ne diffère pas sensiblement de FD, parce qu'on suppose l'arc BD très-petit. Nous aurons donc $CF = FD$, et le foyer F des rayons parallèles se trouve au milieu du rayon de la sphère.

Foyer des rayons divergens. (Fig. 313.)

533. BD est un très-petit arc du miroir, C est le centre, ED et EB sont deux filets de lumière émanés du point E.

Le premier, qui est perpendiculaire en D, se réfléchit suivant DC; et le second prend la direction BF, de manière qu'il rencontre l'autre au point F, qui est le foyer.

Soit $DF = x$, $CD = R$, et $ED = d$; DF est la distance du foyer au miroir, ED est celle de l'objet ou du point lumineux, et CD est le rayon du miroir.

Puisque l'angle d'incidence EBC est égal à l'angle de réflexion FBC; la droite BC divise l'angle EBF en deux

parties égales, et nous donne $CE : CF :: EB : BF$; mais, 1°. $CE = DE - CD = d - R$; 2°. $CF = CD - DF = R - x$; 3°. $EB = ED = d$, et $BF = DF = x$, parce qu'on suppose l'arc très-petit. Nous aurons donc cette proportion, $d - R : R - x :: d : x = \frac{dR}{2d - R}$.

Lieu de l'image.

534. L'image est derrière le miroir, quand l'objet I se trouve entre le miroir et le foyer des rayons parallèles (*fig.* 312).

Démonstration.

Nous avons $x = \frac{dR}{2d - R}$; mais on suppose d moindre que $\frac{R}{2}$, ou $2d$ plus petit que R. La valeur de x sera donc négative ou prise en sens contraire, en allant du point D vers M.

Les rayons IA et IB suivent les droites AK et BL, qui se réuniroient au point M, si elles étoient prolongées.

535. L'image est à une distance infinie, si l'objet F est au foyer des rayons parallèles.

Démonstration.

On a $d = \frac{R}{2}$, ou $2d = R$, et $x = \frac{dR}{0} = \frac{1}{0}$; ce qui est une quantité infinie.

536. L'image est plus loin que le centre quand l'objet N se trouve entre ce point et le foyer des rayons parallèles.

Démonstration.

La formule $x = \frac{dR}{2d - R}$ nous donne $2d - R : d :: R : x$; mais on suppose d moindre que R. La quantité $2d - R$, sera donc plus petite que d, et dès-lors R sera moindre que x.

537. L'image d'un objet qui est au centre, se confond avec

lui, parce qu'on a $d = R$, et $x = \frac{R^2}{R} = R$.

538. L'image est entre le miroir et le centre, quand l'objet est plus loin que le centre.

Démonstration.

Nous avons $2d - R : d :: R : x$; mais on suppose d plus grand que R ou $2d - R$ plus grand que d. Nous aurons donc x moindre que R.

Grandeur et situation de l'image.

539. Lorsqu'un arc EKG se trouve devant un miroir concentrique ABN, et plus près que le foyer des rayons parallèles, son image est un arc LO qui a le même centre C (*fig.* 314).

Démonstration.

Elle sera derrière le miroir (534), et l'image du point E sera, par exemple, en L, de manière que nous aurons (533) $PL = \frac{dR}{2d - R}$; mais R et d sont les mêmes pour tous les points de l'objet. Nous aurons donc $OD = PL = BS$, et $CO = CL = CS$. Ainsi l'image est un arc de cercle qui a le point C pour centre.

540. L'image est droite et plus grande que l'objet, toutes les fois qu'il est placé entre le miroir et le foyer des rayons parallèles (*fig.* 314).

Démonstration.

Soit ABD le miroir; C le centre; F le milieu du rayon ou le foyer des rayons parallèles.

L'arc EKG aura son image derrière le miroir (534) : Celle du point E sera, par exemple, en L sur l'axe du cône de lumière AEI, et celle de l'autre extrémité G se trouvera

en O, sur l'axe du faisceau de lumière MGN (237). L'image entière sera l'arc OL, qui est plus grand que GE, puisqu'il est plus éloigné du sommet de l'angle OCL.

541. L'image est renversée quand l'objet IG est situé entre le centre C du miroir AB, et le milieu F du rayon de la sphère (*fig.* 150).

Démonstration.

Elle est alors devant le miroir, et plus éloignée que le centre (536). Nous apercevons celle du point G en M, par exemple, sur le prolongement de l'axe OG du cône de lumière AGE, tandis que celle du point I se voit en L sur l'axe IP de la pyramide lumineuse BIK; mais ces deux axes se croisent au centre du miroir. L'image entière est donc un arc renversé LNM, dont la grandeur augmente à mesure qu'il s'éloigne du point C.

542. L'image est aussi renversée quand l'objet LNM est plus éloigné que le centre.

Elle est alors entre le miroir et le centre (538), de manière que c'est l'arc GFI, par exemple, qui diminue à mesure qu'il s'approche du point C.

Miroirs convexes.

Foyer des rayons parallèles. (Fig. 315.)

543. Il est au point F, milieu du rayon CB de la spère, dont le miroir est un segment.

Démonstration.

Soit AB un très-petit arc du miroir ABD; MB et GA deux filets de lumière qui sont parallèles; CAH la droite perpendiculaire au point A.

L'angle d'incidence GAH ou CAN est égal à l'angle de

réflexion HAI ou FAC; mais les angles CAN et ACF sont égaux comme alternes internes. Nous aurons donc $FAC = ACF$, et $FA = FC$. Or FA ne diffère pas sensiblement de BF, parce qu'on suppose l'arc AB très-petit. Ainsi nous aurons $FB = FC$.

Foyer des rayons divergens. (Fig. 316.)

544. BD est un très-petit arc du miroir; GD et GB sont deux filets de lumière qui partent du point G; CD est le rayon du miroir, et CBK est la perpendiculaire au point B.

Quand les deux rayons de lumière frappent le miroir, le premier GD reprend sa direction primitive (223); mais le second GB suit la droite BL, en faisant l'angle de réflexion KBL égal à celui d'incidence GBK. Le prolongement de BL rencontreroit celui de GD au point F, qui est le foyer imaginaire. Il s'agit de calculer $DF = BF$, parce que l'arc BD est très-petit.

Si nous tirons la droite GM parallèle à BF, les triangles semblables CBF et CMG nous donneront $CG : CF :: GM : FB$; mais $GM = GB$, parce qu'on a l'angle $GMB = FBC = KBL = GBK$, et que le triangle GBM est isocèle. Nous aurons donc CG, ou $CD + DG : CF$, ou $CD - DF :: GB$, ou $GD : FB$, ou FD.

Faisant GD ou $GB = d$; $CD = R$, et FB ou $FD = x$, on aura $d + R : R - x :: d : x$, ou bien $x = \frac{dR}{2d + R}$.

545. L'image est toujours derrière le miroir.

Démonstration.

Nous avons $x = \frac{dR}{2d + R}$; or, cette formule ne change pas de signe, quelle que soit la valeur des quantités R et d. Le point F sera donc toujours derrière le miroir.

546. L'image est moins éloignée du miroir que l'objet.

Démonstration.

Nous avons $x = \frac{dR}{2d+R}$, ou $2d+R : R :: d : x$; mais $2d+R$ est plus grand que R. Nous aurons donc aussi d plus grand que x.

547. La distance de l'image est moindre quand le miroir est plus convexe, ou lorsque son rayon est plus petit.

Démonstration.

On a $x = \frac{dR}{2d+R} = \frac{d}{\frac{2d}{R}+1}$; mais $\frac{2d}{R}$ augmente à mesure que R diminue. La fraction entière ou la distance x sera donc plus petite.

Miroir conique. (Fig. 157.)

548. Ce miroir AB, qui a la forme d'un cône, est composé de zones circulaires ou de petits miroirs convexes, dont la courbure augmente depuis la base jusqu'au sommet.

Soit ECF (*fig.* 158) la demi-circonférence de sa base; A le sommet du cône; G l'œil qui est sur l'axe BG; AE, AC et AF trois des lignes qui forment sa longueur.

Les pyramides lumineuses LM et KI qui se réfléchissent vers l'œil, suivant les droites MG et IG, font voir les points L et K sur le prolongement de ces lignes, en O et N, par exemple (237).

Nous apercevons de même les points Q et P en S et R, de manière que la demi-circonférence LPT est représentée près de ORH, tandis que la demi-circonférence KQZ se trouve près de NSU.

L'image est plus petite que l'objet (244), et les parties qui sont plus loin du miroir, comme l'arc LPT, sont en-

core plus resserrées que les autres, parce que les faisceaux de lumière, tels que LM, sont réfléchis par une zone qui passe en M près du sommet, et qui dès-lors est très-convexe.

Pour avoir une image régulière, il faut : 1°. dessiner l'objet dans un ordre contraire, puisque la demi-circonférence LPT se voit près de ORH, et la demi-circonférence KQZ vers NSU; 2°. les parties doivent avoir dans la peinture une étendue qui varie suivant leur distance au miroir.

Miroir pyramidal. (Fig. 159.)

549. Il est composé de surfaces planes et triangulaires qui se réunissent au sommet de la pyramide. L'œil qui est en E, sur l'axe AB du miroir, n'aperçoit qu'une seule image de plusieurs objets séparés par des espaces vides ou remplis de figures étrangères.

Supposons que la pyramyde ait quatre faces, et que sa base (*fig.* 160) couvre le quarré $ABCD$. Tout ce qu'on peint dans les triangles E, F, G, H, se voit dans les parties e, f, g, h du parallèlogramme $ABCD$, et l'image ne présente rien de ce qui se trouve dans les espaces intermédiaires M, N, O, R, parce que les faisceaux de lumière qui émanent de ces différens objets, ne se réfléchissent pas vers l'œil.

Soit AC (*fig.* 161), une partie du miroir; DF un objet horizontal; et supposons que l'angle DGC soit égal à l'angle AGS, tandis que l'angle FIC est égal à l'angle AIS. Les cônes de lumière qui partent des extrémités F et D, parviennent à l'œil suivant les droites IS et GS. Mais nous voyons un point sur la direction du faisceau de lumière qui en apporte l'image. Nous apercevrons donc le point F sur SK, et le point D sur SL; c'est pourquoi les parties de la figure dessinée dans chacun des triangles E, F, G, H (*fig.* 160), doivent être placées à contre sens, afin que l'image représente l'objet au naturel.

Limites de la Réfraction. (Fig. 317.)

550. Il y a des circonstances où les rayons de lumière sont réfléchis, au lieu d'être réfractés.

Démonstration.

Soit CB, un rayon de lumière qui passe de l'eau dans l'air, en faisant un angle d'incidence CBA, de 48 degrés 30 minutes. Si nous représentons l'angle de réfraction par x, nous aurons $3 : 4 :: sin.\ 48° 30' : sin.\ x$, et $x = 86°$ 58′ 30″; c'est-à-dire que l'angle de réfraction DBG est presque de 90 degrés, et que le rayon de lumière BD rase la surface EF du liquide.

En supposant que l'angle CBA soit de 60 degrés, par exemple, ou qu'il excède 48° 30′, nous aurons $3 : 4 :: sin.\ 60° : sin.\ x$, ou $log.\ sin.\ x = 10.0624693$. Le sinus de l'angle de réfraction est plus grand que le rayon, ce qui est impossible. En effet, l'expérience nous apprend que le rayon CB se réfléchit alors suivant la droite BH, et qu'il n'entre pas dans l'air.

Le rapport des sinus est celui de 20 à 31, quand la lumière passe du verre dans l'air; et l'on trouve qu'il n'y a plus de réfraction, toutes les fois que l'angle d'incidence CBA surpasse 40 degrés.

Hauteur de l'atmosphère. (Fig. 318.)

551. On observe que le crépuscule du matin commence quand le bord supérieur du soleil est à 17° 11′ au-dessous de l'horizon.

Soit A l'œil du spectateur; AC l'horizon qui est perpendiculaire à la verticale ADG; D le centre de la terre EFA, et de l'atmosphère BHI; LSB un filet de lumière qui rase

la surface de la terre au point E, et qui est réfléchi par les couches supérieures de l'atmosphère, suivant la droite BA.

L'angle LBC est de 17° 11′, et si l'on mène au point de contact le rayon DE, les angles LBC et EDA seront égaux, parce qu'ils auront leurs côtés perpendiculaires.

L'égalité des triangles rectangles EBD et BAD nous donnera l'angle $EDB = BDA = 8°\ 35'\ 30''$, puisque EDA ou LBC est de 17° 11′.

Dans le triangle ABD, nous avons, $AD : BD :: cos.\ D : R$, ou $BD = \frac{AD.\ R}{cos.\ D}$; mais $AD = 1432$ lieues $\frac{1}{2}$, et $D = 8°\ 35'\ 30''$. Nous aurons donc $BD = 1448$ lieues, et $BF = BD - AD = 16$ lieues à-peu-près; c'est-à-dire que la hauteur des premières couches d'air propres à renvoyer la lumière, est d'environ 16 lieues (71 kilomètres).

Cette méthode n'est pas exacte, parce que les rayons de lumière ne décrivent pas dans l'air une ligne droite, comme on le suppose. D'ailleurs, il n'est pas facile de s'assurer que l'aurore commence précisément lorsque le bord du soleil est à 17° 11′ au-dessous de l'horizon.

Verres plans (Fig. 319.)

552. Des rayons parallèles AC et BF sortent parallèles d'un verre plan $GHIK$.

Démonstration.

Les angles d'incidence ACD et BFE sont égaux, comme ayant leurs côtes parallèles; mais le sinus de l'angle d'incidence, et celui de l'angle de réfraction, sont entr'eux comme 31 est à 20. Les angles de réfraction MCL et PFN seront donc égaux, de même que leurs complémens M et P. Ainsi les droites CM et FP, qui forment, avec IH, des angles d'inclinaison égaux, sont parallèles.

Puisque les angles d'incidence CMT et OPF sont égaux, comme ayant leurs côtes parallèles; il est évident que les angles de réfraction SMU, RPQ, ou leurs complémens NMU, IPQ, sont égaux, et que les droites MU, PQ, sont parallèles.

D'ailleurs soient CD et AB deux faisceaux de lumière parallèles, et qui entrent dans une chambre obscure (*fig.* 169).

Si vous leur présentez un verre $IKLM$ terminé par deux surfaces planes et parallèles, vous les verrez suivre les directions parallèles EF et GH.

553. Les rayons convergens AB et CD ont un nouveau point de concours dont la distance est plus grande (*fig.* 170).

Démonstration.

Ils se réuniroient en L, s'ils continuoient à se mouvoir dans l'air; mais, en passant dans le verre, ils se rapprochent des perpendiculaires BE et DF, pour suivre les droites BI *et* DG; ensuite, ils s'écartent des perpendiculaires IK et GH, parce qu'ils entrent dans un milieu qui résiste moins. Ils se rassembleront donc en M plus loin que le point L.

554. Les rayons divergens MI, MG, ont un point de concours imaginaire L, qui est moins éloigné que celui d'où ils partent.

Démonstration.

En pénétrant le verre, ils se rapprochent des perpendiculaires IO, GN, et parcourent les droites IB, GD; mais en sortant dans l'air, ils s'éloignent des perpendiculaires DP, BR. Leurs prolongemens se dirigeront donc vers le point L, qui est plus près que M.

Verres convexes.

Premier problême. (Fig. 320.)

555. Trouver le foyer des rayons divergens, qui passent de l'air dans un milieu de verre terminé par une surface convexe.

Solution.

Supposons que les rayons de lumière OB et OD, qui sont très-près l'un de l'autre, pénètrent dans une masse de verre, terminée par une surface convexe PBD, dont le centre est en C.

Le premier, qui est perpendiculaire à la surface du milieu, n'éprouve aucune réfraction; mais le second, qui est oblique, se rapproche de la perpendiculaire CD, et coupe le prolongement de OB au point F.

Il s'agit de calculer BF, en observant 1°. que l'angle d'incidence est ODE ou CDH, tandis que l'angle de réfraction est CDF; 2°. que les sinus de ces deux angles sont entr'eux comme 31 est à 20; 3°. que OB est sensiblement égal à OD, parce que l'arc BD est très-petit.

Soit $BF = f$; le rayon CD ou $CB = R$; $OB = d$; et menons les perpendiculaires CN et CM.

L'arc BD, qu'on suppose très-petit, se confond avec son sinus qui seroit perpendiculaire sur BC; ainsi nous avons deux triangles semblables BDF, et CFM, qui nous donnent FD ou $BF : BD :: CF : CM$; c'est-à-dire $f : BD :: f - R : CM$, ou bien $f = \frac{BD}{CM}(f - R)$.

A cause des triangles semblables OBD et OCN, on a $OD : BD :: OC : CN$, ou $d : BD :: d + R : CN$, et $BD = \frac{CN.d}{d+R}$, en sorte que nous avons $f = \frac{CN}{CM} \cdot \frac{d}{d+R}(f - R)$.

Dans les triangles CDN et CDM, nous aurons $CN : CD :: \sin. CDN : 1$, et $CM : CD :: \sin. CDM : 1$, d'où l'on tire $CN : CM :: \sin. CDN : \sin. CDM :: 31 : 20$ (247), ou bien $\frac{CN}{CM} = \frac{31}{20}$.

Substituant cette valeur, on a $f = \frac{31\,df - 31\,dR}{20\,d + 20\,R}$, ou $20\,df + 20\,Rf = 31\,df - 31\,dR$, et $f = \frac{31\,dR}{11\,d - 20\,R}$.

Second problême.

556. Trouver le foyer des rayons parallèles qui passent de l'air dans un milieu de verre terminé par une surface convexe.

Solution.

Si le point radieux O étoit à une distance infinie, les rayons incidens OB et OD seroient parallèles. La quantité représentée par d, ou la droite OB seroit infinie, et la formule $f = \frac{31\,dR}{11\,d - 20\,R}$ seroit $f = \frac{31\,dR}{11\,d} = \frac{31\,R}{11}$, parce que $20\,R$ ne pourroit diminuer $11\,d$.

Troisième problême. (Fig. 321.)

557. Trouver le foyer des rayons divergens qui traversent une lentille convexe des deux côtés.

Solution.

Soient OB et OD deux filets de lumière qui tombent sur une lentille; C le centre de l'arc supérieur PBR; Q celui de l'arc inférieur PHR; CD et QI deux perpendiculaires aux points D et I.

Le premier rayon de lumière OB ne se réfracte pas (246); mais le second OD, qui est oblique, s'approche de la perpendiculaire CD, et suit la droite ID, de manière qu'il rencontreroit OB au point G, s'il continuoit à se mouvoir dans le verre.

En passant dans l'air, il s'éloigne de la perpendiculaire IU pour couper le premier au point F; et l'angle d'incidence est QID ou GIU, tandis que celui de réfraction est FIU ou QIS.

Pour déterminer FH ou la distance du foyer, j'abaisse les perpendiculaires CM, CN, QL et QS; ensuite, je fais $BH = e$; $FH = x$; $GH = z$; OB ou $OD = d$; CB ou $CD = R$; QH ou $QI = S$.

Nous avons (555) $GB = \frac{31\,dR}{11\,d - 20\,R}$; mais $GB = z + e$. Nous aurons donc

$$z = \frac{31\,dR}{11\,d - 20\,R} - e = \frac{31\,dR - 11\,ed + 20\,eR}{11\,d - 20\,R}.$$

Les triangles semblables FHI, FQS nous donnent $FI : HI :: FQ : QS$, ou $x : HI :: x + S : QS$, et $x = \frac{HI}{QS}(x + S)$.

A cause des triangles semblables GHI et GQL, nous aurons $HI : QL :: GI : GQ$, ou $HI : QL :: z : z + S$, et $HI = \frac{QL.\,z}{z + S}$. En substituant cette valeur de HI, nous aurons $x = \frac{QL}{QS}\left(\frac{zx + zS}{z + S}\right)$.

Les triangles QIL et QIS nous donneront; 1°. $QL : sin.\ QIL :: QI : 1$; 2°. $QS : sin.\ QIS :: QI : 1$, ou $QL : QS :: sin.\ QIL : sin.\ QIS :: 20 : 31$ (247), et $\frac{QL}{QS} = \frac{20}{31}$. C'est pourquoi nous aurons $x = \frac{20\,zx + 20\,zS}{31\,z + 31\,S}$, et $z = \frac{31\,Sx}{20\,S - 11\,x}$; mais nous avons trouvé plus haut $z = \frac{31\,dR - 11\,ed + 20\,eR}{11\,d - 20\,R}$. Nous aurons donc $\frac{31\,Sx}{20\,S - 11\,x} = \frac{31\,dR - 11\,ed + 20\,eR}{11\,d - 20\,R}$, d'où l'on tire

$$x = \frac{620\,dRS - 220\,edS + 400\,eRS}{641\,dR + 341\,dS - 121\,ed + 220\,eR - 620\,RS}.$$

En négligeant l'épaisseur de la lentille ou faisant $e = 0$, nous aurons $x = \frac{620\ dRS}{341\ dR + 341\ dS - 620\ RS}$.

Enfin, si l'on suppose que les rayons du verre convexe soient les mêmes, ou qu'on ait $R = S$, nous aurons $x = \frac{620\ dR^2}{682\ dR - 620\ R^2} = \frac{10\ dR}{11\ d - 10\ R}$, en divisant par $62\ R$.

Quatrième problème.

558. Trouver le foyer des rayons parallèles qui traversent une lentille.

Solution.

Quand les rayons sont parallèles, la distance du point radieux ou la quantité d est infinie, et la formule $x = \frac{10\ dR}{11\ d - 10\ R}$ devient $x = \frac{10\ dR}{11\ d} = \frac{10\ R}{11}$.

559. Les rayons divergens, qui partent du foyer d'une lentille, en sortent parallèles.

Démonstration.

Puisque ces filets de lumière émanent du foyer des rayons parallèles, on a $d = \frac{10\ R}{11}$ et $11\ d = 10\ R$ (558); mais $x = \frac{10\ dR}{11\ d - 10\ R}$ (557). Nous aurons donc $x = \frac{10\ dR}{0} = \frac{1}{0}$, c'est-à-dire, que les rayons se réunissent à une distance infinie, ou qu'ils sont parallèles.

Verres plans convexes.

560. Trouver le foyer des rayons divergens, qui passent au travers d'un verre plan d'un côté et convexe de l'autre.

Solution.

Nous avons (557) $x = \frac{620\ dRS}{341\ dR + 341\ dS - 620\ RS}$; mais

le rayon de la surface plane ou S, par exemple, est infini. On aura donc $x = \frac{620\ dRS}{341\ dS - 620\ RS} = \frac{620\ dR}{341\ d - 620\ R} = \frac{20\ dR}{11\ d - 20\ R}$, en divisant par 31.

Si les rayons sont parallèles, ou que la distance du point radieux soit infinie, on aura $x = \frac{20\ dR}{11\ d} = \frac{20\ R}{11}$, parce que $20\ R$ ne peut diminuer $11\ d$, qui est infini.

Verres concaves.

Premier problème. (Fig. 322.)

561. Trouver le foyer des rayons divergens qui passent de l'air dans un milieu de verre terminé par une surface concave.

Solution.

Supposons que deux rayons de lumière OB et OD soient très-près l'un de l'autre, et qu'ils pénètrent une masse de verre concave dont le rayon est CD ou CB.

Le premier filet de lumière OB, qui est perpendiculaire à la surface du verre, ne se réfracte pas; mais le second, en passant de l'air dans le verre, se rapproche de la perpendiculaire ED; il prend la direction DQ, dont le prolongement DF rencontre OB au point F, qui est le foyer.

L'angle d'incidence est ODC ou EDH, et celui de réfraction est EDQ ou CDF.

Je fais OB ou $OD = d$; $CD = CB = R$; FB ou $FD = f$, et j'observe que l'arc BD, qui est très-petit, est perpendiculaire sur CB, parce qu'il se confond avec son *sinus*.

En abaissant les perpendiculaires CM et CN, nous aurons deux triangles semblables FBD, FCM qui nous donneront

$FD : FC :: BD : CM$, ou $f : f - R :: BD : CM$, et $f = \frac{BD}{CM}(f - R)$.

Avec les triangles semblables OCN et OBD nous aurons $OD : OC :: BD : CN$, ou $d : d - R :: BD : CN$, et $BD = \frac{d.\ CN}{d - R}$. Substituant cette valeur de BD, nous aurons $f = \frac{CN}{CM} \cdot \frac{df - dR}{d - R}$.

Dans les triangles CDN et CDM, nous avons $CN : CD :: sin.\ CDN : 1$, et $CM : CD :: sin.\ CDM : 1$, d'où l'on tire $CN : CM :: sin.\ CDN : sin.\ CDM :: 31 : 20$ (247). Ainsi nous aurons $\frac{CN}{CM} = \frac{31}{20}$, et $f = \frac{31\ df - 31\ dR}{20\ d - 20\ R}$, ou $f = \frac{31\ dR}{11\ d + 20\ R}$.

Second problème.

562. Trouver le foyer des rayons parallèles qui passent de l'air dans un milieu de verre terminé par une surface concave.

Solution.

Si le point radieux O étoit à une distance infinie, les rayons OB et OD seroient parallèles, la quantité d seroit infinie, et nous aurions $f = \frac{31\ dR}{11\ d + 20\ R} = \frac{31\ dR}{11\ d} = \frac{31\ R}{11}$, parce que $20\ R$ ne pourroit augmenter $11\ d$.

Troisième problème. (Fig. 323.)

563. Trouver le foyer des rayons divergens qui traversent un verre concave des deux côtés.

Solution.

Soient OP et OD deux rayons de lumière qui tombent sur un verre concave. Le premier qui passe par les centres

C et L des segmens, n'éprouve aucune réfraction; mais le second se rapproche de la perpendiculaire CDK. Il suit la droite ED qui, prolongée, rencontre le rayon OP au point F, et ce point seroit le foyer si le filet de lumière ne sortoit pas du verre.

En passant dans l'air, il s'éloigne de la perpendiculaire EE, et prend la direction EG qui coupe OP au point I.

L'angle d'incidence est DET ou LEH, quand le rayon pénètre dans l'air; et celui de réfraction est IET ou LEG.

Je fais OP ou $OD = d$, parce qu'on suppose l'arc PD très-petit; $CP = R$; le rayon du segment inférieur, ou $QL = S$; FP ou $FD = z$; et l'épaisseur de la lentille ou $PQ = e$. Il s'agit de calculer IP, que nous représenterons par x.

L'arc EQ, supposé très-petit, se confond avec le *sinus* qui est perpendiculaire sur CQL. C'est pourquoi, si nous abaissons les perpendiculaires LM et LN, nous aurons deux triangles semblables IQE et ILM, qui nous donneront; IE ou $IQ : IL :: EQ : LM$, c'est-à-dire, $x + e : x + e + S :: EQ : LM$, et $x + e = \frac{EQ}{LM}(x + e + S)$.

Avec les triangles semblables FQE, FLN, on a $QE : LN :: FE$ ou $FQ : FL$, c'est-à-dire, $QE : LN :: z + e : z + e + S$, ou $QE = \frac{LN(z+e)}{z+e+S}$, et $x + e = \frac{LN}{LM}\frac{(z+e)(x+e+S)}{z+e+S}$.

A cause des triangles rectangles LEN et LEM, nous aurons $LN : LE ::$ *sin.* $LEN : 1$, et $LM : LE ::$ *sin.* $LEM : 1$; d'où l'on tire $LN : LM ::$ *sin.* $LEN :$ *sin.* $LEM :: 20 : 31$ (247), et $x + e = \frac{20}{31}\frac{(z+e)(x+e+S)}{z+e+S}$.

Cette équation nous donne

$$z = \frac{11\,ex + 11\,e^2 + 11\,eS + 31\,Sx}{20\,S - 11\,x - 11\,e}$$; mais nous avons (561),

$z = \frac{31\,dR}{11\,d + 20\,R}$; nous aurons donc $\frac{31\,dR}{11\,d + 20\,R} = \frac{11\,ex + 11\,e^2 + 11\,eS + 31\,Sx}{20\,S - 11\,x - 11\,e}$.

En réduisant au même dénominateur, et transposant, nous aurons

$$x = \frac{620\,dRS - 341\,edR - 121\,e^2d - 121\,edS - 220\,e^2R - 220\,eRS}{341\,dR + 121\,ed + 341\,dS + 220\,eR + 620\,RS}.$$

Si l'on néglige l'épaisseur du verre, ou que l'on fasse $e = 0$, nous aurons $x = \frac{620\,dRS}{341\,dR + 341\,dS + 620\,RS}$.

Enfin, supposant que les rayons des segmens sont égaux, ou que $R = S$, et divisant par 62 R, nous aurons $x = \frac{10\,dR}{11\,d + 10\,R}$.

Quatrième problême.

564. Trouver le foyer des rayons parallèles qui traversent un verre concave.

Solution.

Quand les rayons sont parallèles, la distance du point radieux, ou la quantité représentée par d, est infiniment grande; et la formule $x = \frac{10\,dR}{11\,d + 10\,R}$ (563) devient $x = \frac{10\,dR}{11\,d} = \frac{10\,R}{11}$.

565. Des rayons convergens qui se dirigent vers le foyer d'un verre concave, en sortent parallèles.

Démonstration. (Fig. 175.)

Nous avons observé (263) que les rayons parallèles EG et CD ont leur foyer en F, et que le premier suit les droites GI et IL. Il s'agit de faire voir que le filet de lumière LI reprendroit ses directions primitives s'il rentroit dans le verre.

L'angle d'incidence est MIL, et si nous représentons par x l'angle de réfraction, ou celui que le rayon doit former avec la perpendiculaire IK, nous aurons (247) *sin.* MIL : *sin.* x :: 31 : 20, ou *sin.* $x = \frac{20.\ sin.\ MIL}{31}$; or nous avons aussi *sin.* GIK : *sin.* MIL :: 20 : 31, ou *sin.* $GIK = \frac{20.\ sin.\ MIL}{31}$. Nous aurons donc $x = GIK$, et le filet de lumière suivra la droite IG.

Le second angle d'incidence est IGH, et l'on aura *sin.* IGH : *sin.* y :: 20 : 31; mais on a *sin.* CGE : *sin.* IGH :: 31 : 20. On aura donc $y = CGH$, de manière que la direction du rayon sera la droite GE, parallèle à DC.

Verres plans concaves.

566. Si l'une des surfaces est plane, son rayon de courbure, ou S, est infini; et la formule $x = \frac{620\ dRS}{341\ dR + 341\ dS + 620\ RS}$ est alors $x = \frac{620\ dRS}{341\ dS + 620\ RS} = \frac{620\ dR}{341\ d + 620\ R} = \frac{20\ dR}{11\ d + 20\ R}$, en divisant par 31.

Quand les rayons sont parallèles, la quantité d est infinie, et nous avons $x = \frac{20\ dR}{11\ d} = \frac{20\ R}{11}$.

Angle optique. (Fig. 324.)

567. Les angles optiques sont en raison inverse de la distance, quand ils sont petits.

Si l'on suppose que BC soit égal à DE, et que AC soit la moitié de AE; l'œil en A verra BC sous un angle BAC, qui sera deux fois plus grand que DAE.

Démonstration.

En effet, nous avons AC ; BC :: R : *tang.* BAC, et

AE : *DE* ou *BC* :: *R* : *tang. EAD*, ce qui donne *AC tang. BAC* = *AE. tang. EAD*, ou *tang. BAC* : *tang. EAD* :: *AE* : *AC* :: 2 : 1; mais les angles ou les arcs qui leur servent de mesure, sont entr'eux comme leurs tangentes, lorsqu'ils sont petits. L'angle *BAC* est donc à l'angle *EAD* comme 2 est à 1, c'est-à-dire qu'il est deux fois plus grand.

Lunette convexe. (Fig. 173.)

568. L'image est devant le verre, ou du côté opposé à l'objet *C*, quand il est plus loin que le foyer *F* des rayons parallèles.

Démonstration.

Les rayons *CDK* et *CEG*, qui émanent du point *C*, sont moins divergens que les rayons *FDI*, *FEH*; or ceux-ci deviennent parallèles (559); les autres seront donc plus rapprochés, et se croiseront en *N* pour arriver divergens à l'œil *S*, qui verra l'image au point *N* (214).

569. L'image est alors dans une position renversée. (*Fig.* 202.)

De tous les faisceaux de lumière qui partent des extrémités *A* et *B* de l'objet, il n'y a que les pyramides *AG* et *BD* qui entrent dans l'œil *S*, après s'être coupées en *O*; celles qui tombent directement sur le verre, comme *AD* et *BG*, sont très-peu divergentes et se croisent en *H*, de manière qu'elles ne se dirigent pas vers l'œil.

Les rayons du cône lumineux *AG* se réunissent en *M*, où l'on aperçoit la pointe de la flèche, tandis que l'image de la base est au point *N*.

570. L'image est derrière la lentille, ou du même côté que l'objet *A*, quand il est moins éloigné que le foyer *F* des rayons parallèles (*Fig.* 174).

Démonstration.

Les rayons AB et AC, qui partent du point A, sont plus divergens que les rayons FB, FC; mais ces derniers sortent parallèles (259). Il est donc évident que les autres seront moins rapprochés, et qu'ils suivront les droites NB, GC qui se réuniroient en R, où se trouvera l'image du point A.

D'ailleurs nous avons (557) $x = \frac{10\,dR}{11\,d - 10\,R}$; or nous supposons AS ou d moindre que $FS = \frac{10\,R}{11}$ (558). On aura donc $11\,d$ moindre que $10\,R$, et la valeur de x sera négative ou prise en sens contraire.

Rayon principal. (Fig. 325.)

571. Le rayon principal est celui qui passe au milieu d'une lentille dont les segmens ont des rayons égaux.

Ce rayon, tel que $DBFG$, sort du verre après ses deux réfractions, en suivant une droite FG, parallèle à sa première direction DBH.

Démonstration.

Soient A et C les centres des segmens, et E le milieu de la lentille, de manière que l'on ait $EO = EN$ et $EB = EF$.

Le premier angle d'incidence, est DBQ ou CBS, et celui de réfraction est EBC, tandis que le second angle d'incidence est AFE, et celui de réfraction est GFR.

Il s'agit de prouver que la droite FG est parallèle à DSH, ou que l'angle GFR est égal à l'angle HSR.

Les triangles AEF et BEC, qui ont leurs côtés égaux,

nous donnent l'angle $AFE = EBC$, d'où il suit que les droites AR et QC sont parallèles, et que l'on a $RSH = CBS$; mais GFR est aussi égal à CBS.

Car nous avons *sin.* CBS : *sin.* EBC :: 31 : 20, et *sin.* GFR : *sin.* AFE :: 31 : 20, d'où l'on tire *sin.* CBS : *sin.* EBC :: *sin.* GFR : *sin.* AFE; ou $EBC = AFE$. Nous aurons donc $GFR = CBS = RSH$.

Quand l'épaisseur du verre est très-petite, le rayon principal se meut en ligne droite et sans éprouver de réfraction, parce qu'alors BF est sensiblement égal à zéro.

---

572. Si deux triangles rectangles, AOB et EOD ont un côté égal, AB et ED, les angles opposés sont en raison inverse des côtés adjacens, OB et OD, lorsque ces angles sont petits (*Fig.* 326).

Démonstration.

Nous avons $OB : AB :: R :$ *tang.* AOB, et $OD : ED :: R :$ *tang.* EOD; ce qui donne $OB.$ *tang.* $AOB = AB. R$, et $OD.$ *tang.* $EOD = AB. R$, d'où l'on tire $OB.$ *tang.* $AOB = OD.$ *tang.* EOD, et *tang.* AOB : *tang.* $EOD :: OD : OB$; mais les angles ou les arcs qui leur servent de mesure sont entr'eux comme leurs tangentes, quand ils sont petits. Nous aurons donc $AOB : EOD :: OD : OB$.

Microscope simple. (Fig. 326.)

573. Il augmente le diamètre apparent de l'objet autant de fois que le foyer est contenu dans une longueur de 7 ou 8 pouces.

Démonstration.

Soit O une lentille qui a peu d'épaisseur; AC un objet qui est au foyer des rayons parallèles, et AB sa moitié. Le rayon BO, qui est perpendiculaire à la surface du verre, et le rayon principal AO (571), ne se réfractent pas; de manière que nous voyons la moitié BA de l'objet sous l'angle GOH ou AOB.

Sans le secours de cette lentille on ne pourroit apercevoir l'objet distinctement qu'à une distance de 7 ou 8 pouces, en D, par exemple, et la grandeur apparente seroit l'angle EOD; mais (572) $AOB : EOD :: OD : OB$. Nous aurons donc $AOB : EOD ::$ 8 pouces $: OB$.

En supposant $OB = \frac{1}{10}$ de pouce, nous aurons $AOB : EOD :: 8 : \frac{1}{80} :: 80 : 1$; c'est-à-dire que le diamètre de l'objet paroît 80 fois plus grand. La surface est 6400 fois plus grande, parce que les surfaces des figures semblables sont entre elles comme les carrés des lignes homologues; le volume est 512000 fois plus grand, puisque les solides semblables sont entre eux comme les cubes de leurs lignes homologues.

Lunette astronomique. (Fig. 327.)

574. Cette lunette augmente le diamètre apparent de l'objet, autant de fois que le foyer de l'objectif contient celui de l'oculaire.

Démonstration.

Soit BC la moitié de l'objet AC, qui est très-éloigné; EF l'objectif, et KO l'oculaire, qui ont leur foyer en H. Les filets de lumière BD et CD n'éprouvent aucune réfraction, parce que le premier est perpendiculaire, et que

l'autre est un rayon principal (571); mais les rayons des cônes lumineux auxquels ces filets servent d'axe se réunissent aux points H et G, où ils se croisent pour traverser l'oculaire, d'où ils sortent parallèles (559). Le rayon HN, qui est perpendiculaire, conserve sa direction, et le rayon GK se réfracte suivant la droite KM, de manière que l'œil en M voit BC sous l'angle KMN.

Si l'on supprimoit les verres, on apercevroit BC sous l'angle $BMC = BDC$ ou KDN, parce que DM n'est rien par rapport à la distance de l'objet; mais (572) $KMN : KDN :: DN : MN$. Il ne s'agit donc plus que de trouver le rapport de DN à MN.

Le point M est le foyer des rayons divergens DK et DN; en sorte que nous avons (557) $MN = \frac{10\,dR}{11\,d - 10\,R} = \frac{10\,R.\,DN}{11\,DN - 10\,R}$; or $NH = \frac{10\,R}{11}$, ou $10\,R = 11\,NH$ (558). Nous aurons donc $MN = \frac{11\,NH.\,DN}{11\,DN - 11\,NH} = \frac{NH.\,DN}{DH}$; ce qui donne $DH : NH :: DN : MN$, et dès-lors $KMN : KDN :: DH : NH$.

Usage de cette lunette.

575. Pour que la vision soit distincte, il faut que les rayons des faisceaux de lumière qui entrent dans l'œil soient un peu divergens. C'est pourquoi l'oculaire OK est dans un tuyau mobile. On approche un peu cette lentille du foyer H de l'objectif, afin que les rayons, partant d'un point moins éloigné que le foyer de l'oculaire, en sortent divergens.

En effet, si le foyer du verre BC (fig. 174) se trouve en F, les rayons FB et FC deviendront parallèles (559), et suivront les droites BL et CM; or les filets de lumière AB et AC sont plus écartés que les rayons FB et FC, puisque l'angle DAH est plus grand que l'angle EFK. Ils

seront donc moins rapprochés que les deux autres, et dès-lors ils seront encore divergens.

L'oculaire doit être plus enfoncé pour les myopes, qui ont des yeux propres à réunir des rayons très-écartés les uns des autres.

La clarté de l'image augmente avec la surface de l'objectif, qui laisse passer un plus grand nombre de rayons. Néanmoins ces lentilles ont peu d'étendue, parce que les filets de lumière qui traversent les bords, se réfractent moins régulièrement que vers le centre, à cause de la différence de leur obliquité. Ils se décomposent comme dans un prisme, et forment des anneaux colorés qui nuisent à la clarté de la vision.

Calcul de l'arc-en-ciel. (Fig. 328.)

576. La plupart des rayons du soleil qui tombent sur les gouttes de pluie, sortent divergens, comme CG et CP; ils sont trop écartés pour agir fortement sur l'œil; d'ailleurs ils se mélangent de manière qu'ils paroissent blancs ou sans couleurs bien prononcées. Mais ceux qui sont très-serrés, et qui sortent parallèles, sont capables de faire une impression assez vive, malgré l'éloignement du spectateur. C'est pourquoi nous les appelons des rayons efficaces. Il s'agit de trouver l'angle des rayons primitifs, lorsqu'ils se réfractent parallèles. Nous allons démontrer quelques propositions nécessaires à la solution de ce problême.

Arc intérieur.

577. Soit ABC une goutte de pluie; O le centre; SA un filet de lumière qui se rapproche de la perpendiculaire AO, en passant de l'air dans l'eau.

Il suit la droite AB, et quelques-uns des rayons dont

il est composé sortent de la goutte au point B; mais d'autres, tels que BC, se réfléchissent pour arriver en C, où ils se réfractent, et prennent la direction CG, en s'éloignant de la perpendiculaire CD.

Le premier angle d'incidence est NAS ou RAO, et celui de réfraction est BAO, tandis que le second angle d'incidence est ABO, et celui de réflexion est OBC.

Le troisième angle d'incidence est BCO ou DCP; celui de réfraction est DCG ou OCR, et l'angle d'émergence est SRG (489).

Première proposition.

578. L'angle ARO est la moitié de l'angle d'émergence SRG.

Démonstration.

1°. Les arcs AE et EC sont égaux, parce que l'angle d'incidence ABO est égal à celui de réflexion CBO.

2°. Les deux triangles AOR et COR ont un côté commun; $OC = OA$, et l'angle AOR est égal à COR, parce qu'ils ont pour supplémens des angles égaux AOE et COE. Nous aurons donc $ARO = CRO$.

Seconde proposition.

579. Quand un faisceau de lumière n'éprouve qu'une réflexion, la moitié de l'angle d'émergence est égal au double de l'angle de réfraction, moins l'angle d'incidence.

Démonstration.

Les deux triangles OAB et OAR, qui ont un angle commun, nous donnent $OBA + OAB = ORA + OAR$; mais le triangle OBA est isocèle, et nous avons $2\ OAB = ORA + OAR$. Nous aurons donc $ORA = 2\ OAB - OAR$.

Troisième proposition.

580. La quantité infiniment petite dont l'angle d'incidence augmente, est à celle dont l'angle de réfraction augmente en même temps, comme la tangente du premier est à celle du second.

Démonstration.

Soit x l'angle d'incidence, et y celui de réfraction. En représentant le rapport des sinus de ces angles par celui de b à c, nous aurons $sin.\ x : sin.\ y :: b : c$, ou $c.\ sin.\ x = b.\ sin.\ y$.

Je différencie, et j'ai $cdx.\ cos.\ x = bdy.\ cos.\ y$, ou $\frac{dx}{b.\ cos.\ y} = \frac{dy}{c.\ cos.\ x}$. Enfin, multipliant le premier membre par $b.\ sin.\ y$, et le second par $c.\ sin.\ x$, nous aurons $dx.\ tang.\ y = dy.\ tang.\ x$, ou $dx : dy :: tang.\ x : tang.\ y$.

Quatrième proposition. (Fig. 329.)

581. La différentielle, ou le petit accroissement de l'angle d'émergence est nul quand les rayons de lumière sortent parallèles.

Démonstration.

Les rayons incidens AC et BD sont parallèles, à cause de l'énorme distance du soleil; mais on suppose qu'ils sortent parallèles, suivant les droites OR et PQ. Les angles d'émergence AGR et BHQ sont donc égaux, et leur différence est nulle.

Cinquième proposition.

582. La tangente de l'angle d'incidence est à celle de l'angle de réfraction comme 2 est à 1, quand les rayons sortent parallèles après une seule réflexion.

Démonstration.

L'angle d'émergence est (579) $4y - 2x$, et sa différentielle est $4dy - 2dx$; mais elle est nulle (581) toutes les fois que les rayons sortent parallèles. Nous aurons donc $4dy - 2dx = 0$; ce qui donne $2dy = dx$, et $dx : dy :: 2 : 1$; or $dx : dy :: tang.\ x : tang.\ y$ (580). Ainsi nous aurons $tang.\ x : tang.\ y :: 2 : 1$.

Premier problème.

583. Les sinus des deux angles x et y sont entre eux comme b est à c; leurs tangentes sont entre elles comme n est à 1. Quels sont ces angles?

Solution.

Nous avons $sin.\ x : sin.\ y :: b : c$, ou $c^2.\ sin.^2 x = b^2.\ sin.^2 y$, et $c^2\ R^2 - c^2.\ cos.^2 x = b^2\ R^2 - b^2.\ cos.^2 y$, parce que $sin.^2 = R^2 - cos.^2$. Cette équation nous donne $b^2.\ cos.^2 y = R^2\ (b^2 - c^2) + c^2.\ cos.^2 x$. Mais $n : 1 :: tang.\ x : tang.\ y :: \frac{R.\ sin.\ x}{cos.\ x} : \frac{R.\ sin.\ y}{cos.\ y}$. Nous aurons donc $n.\ sin.\ y\ cos.\ x = sin.\ x.\ cos.\ y$, et divisant par cette équation, $b.\ sin.\ y = c.\ sin.\ x$, nous aurons $c\,n.\ cos.\ x = b.\ cos.\ y$, ou $b^2.\ cos.^2 y = c^2 n^2.\ cos.^2 x$.

Substituant cette valeur de $b^2.\ cos.^2 y$ dans l'équation $b^2.\ cos.^2 y = R^2\ (b^2 - c^2) + c^2.\ cos.^2 x$, nous aurons $c^2 n^2.\ cos.^2 x - c^2\ cos.^2 x = R^2\ (b^2 - c^2)$, et $cos.\ x = R.\sqrt{\frac{(b+c)\ (b-c)}{(cn+c)\ (cn-c)}}$

La proportion $sin.\ x : sin.\ y :: b : c$, suffit alors pour avoir l'angle représenté par y.

Second problème.

584. Trouver l'angle d'émergence que font les rayons rouges quand ils sortent parallèles après une réflexion.

Solution.

L'expérience nous apprend que les rayons rouges, en passant de l'air dans l'eau, se réfractent de manière que le sinus de l'angle d'incidence est au sinus de l'angle de réfraction comme 4 est à 3.

D'ailleurs nous savons (582) que les tangentes de ces deux angles sont entre elles comme 2 est à 1. Ainsi nous aurons $b = 4$, $c = 3$, et $n = 2$.

Substituant ces valeurs dans la formule (583) $cos.\ x = R. \sqrt{\frac{(b+c)\ (b-c)}{(cn+c)\ (cn-c)}}$, nous aurons $x = 59° 23' 30''$.

La proportion $sin.\ x : sin.\ y :: 4 : 3$, nous donnera $y = 40° 12' 10''$. Mais la moitié de l'angle d'émergence est égale à $2y - x$ (579). Nous aurons donc $42° 1' 40''$, ou $42° 2'$ pour l'angle entier; c'est-à-dire que les rayons rouges sortent parallèles ou deviennent efficaces lorsque l'angle d'émergence est de $42° 2'$.

Troisième problème.

585. Déterminer l'angle d'émergence pour les rayons violets qui sortent parallèles après une réflexion.

Solution.

Le sinus de l'angle d'incidence est au sinus de l'angle de réfraction comme 109 est à 81; de sorte que nous avons $b = 109$; $c = 81$, et $n = 2$.

La formule $cos.\ x = R. \sqrt{\frac{(b+c)\ (b-c)}{(cn+c)\ (cn-c)}}$ nous

donne $x = 58° 40' 30''$, et nous avons *sin.* x : *sin.* y :: 109 : 81 ; d'où l'on tire $y = 39° 24' 20''$, et $2y = 78° 48' 40''$: mais la moitié de l'angle d'émergence (579) est égale à $2y - x$. Nous aurons donc $40° 16' 20''$, ou $40° 17'$ pour l'angle total ; ainsi l'angle d'émergence est de $40° 17'$ lorsque les rayons violets sortent parallèles, ou quand ils sont efficaces (576).

Figure de l'arc-en-ciel.

586. L'arc-en-ciel est à la base d'un cône dont l'œil occupe le sommet. (*Fig.* 330.)

Démonstration.

Soient A et F deux gouttes de pluie ; SA et EF deux rayons du soleil qui sont parallèles, à cause de la distance de cet astre.

L'œil en O verra le violet sur la droite OF, si l'angle d'émergence EFO est de $40° 17'$ (585). Mais en imaginant par le centre de l'œil une droite OM parallèle aux rayons du soleil, les angles FOM et EFO seront égaux comme alternes internes. On apercevra donc le violet sur la droite OF, toutes les fois qu'elle fera un angle de $40° 17'$ avec OM, qui se nomme *ligne d'aspect.*

Si l'on suppose que l'angle FOM tourne autour de OM, la droite OF engendrera la surface d'un cône dont le sommet se trouvera en O, et qui aura pour axe la droite OM. L'angle formé par cet axe et chacun des côtés du cône est de $40° 17'$, et toutes les gouttes placées à la surface renvoient la couleur violette (585). Cependant on ne voit qu'un arc, parce que n'ayant aucun moyen d'estimer l'intervalle qui nous sépare des gouttes de pluie, telles que F et G, nous les jugeons toutes à la même distance, ou sur la base du cône.

On prouvera de même que le rouge doit se trouver à la base du cône engendré par la révolution de l'angle AOM, lorsque cet angle ou son égal SAO est de 42° 2′ (584). Les autres couleurs sont entre F et A, parce que l'angle d'émergence est moindre que AOM, et plus grand que FOM.

Partie visible. (Fig. 331.)

587. L'arc-en-ciel a la figure d'un demi-cercle, quand le soleil est près de l'horizon.

Démonstration.

Les rayons solaires, tels que AB, sont alors parallèles à la droite horizontale DF, qui est la *ligne d'aspect* (586); or le centre C de l'arc-en-ciel ou de la base du cône BDK, est sur cette ligne DF (586). L'œil en D verra donc la demi-circonférence GBH.

On pourroit même apercevoir un cercle entier BCD, si l'œil étoit fort élevé sur l'horizon GH, et que le nuage fût près du spectateur (*Fig.* 332).

588. Vous ne verrez qu'une portion de la demi-circonférence, si le soleil est à quelques degrés de hauteur.

Démonstration. (Fig. 333.)

Soit A l'œil de l'observateur, AE l'horizon, S le soleil, SBE un faisceau de lumière qui fait, avec la droite AE, un angle de 30 degrés; par exemple, AC la ligne d'aspect qui est parallèle à SE; B la partie rouge de l'arc-en-ciel.

Il s'ensuit que l'angle SBA ou BAC est de 42° (584); mais l'angle SEA ou EAC est de 30° par la supposition. Nous apercevrons donc la portion IBH sous l'angle BAH, qui est de 12°.

589. Le sommet B de l'arc est à l'horizon toutes les fois que la hauteur du soleil est de 42°.

Démonstration.

L'angle SEA ou EAC est alors de 42°; or l'angle d'émergence SBA ou BAC est aussi de 42° (584). La droite AB se trouve donc sur AH, et le point B est à l'horizon.

590. On cesse de voir le point B quand la hauteur du soleil excède 42°.

Démonstration.

Si le soleil est à 50°, par exemple, au-dessus de l'horizon, l'angle SEA ou EAC sera de 50°; mais l'angle SBA ou BAC n'est que de 42° (584). La droite AB est donc sous l'horizon AE.

591. L'arc-en-ciel change de situation avec l'observateur.

Les gouttes colorées sont à la surface d'un cône, qui a pour axe la ligne d'aspect ou la droite menée par l'œil parallèlement aux rayons du soleil; or cette ligne varie quand l'œil se déplace. Nous verrons donc l'arc-en-ciel dans un autre lieu.

Calcul de l'arc extérieur. (Fig. 334.)

592. Cet arc est formé par les rayons qui éprouvent deux réflexions et deux réfractions. Nous avons à déterminer quel est l'angle que font les différentes espèces de rayons, lorsqu'ils sortent parallèles.

SA est le rayon incident qui se réfléchit aux points B et C, pour se réfracter suivant la droite DF; l'angle d'émergence est FES, qui a pour supplément FEA.

Première proposition.

593. Les trois arcs CD, BC et AB, sont égaux.

Démonstration.

Le premier angle d'incidence ABL, et celui de réflexion CBM, qui sont égaux, nous donnent l'arc AB égal à l'arc BGC; mais nous avons $DC = BGC$, à cause des angles d'incidence et de réflexion BCT et DCZ. Nous aurons donc $AB = CD = BGC$.

Seconde proposition.

594. Si du centre O l'on abaisse une perpendiculaire OG sur BC, le prolongement OK divisera l'angle d'émergence FES ou AED en deux parties égales.

Démonstration.

Dans les triangles OAE et ODE, le côté OE est commun; $OD = OA$, et l'angle AOE est égal à l'angle EOD, parce qu'ils ont des supplémens égaux, AOG et DOG (593). Nous aurons donc $AEO = OED$ et $KEF = KES$.

Troisième proposition.

595. En tirant sur OK la perpendiculaire HN, on aura SEN pour la moitié de SED, supplément de l'angle d'émergence FES ou AED.

Démonstration.

Le complément de l'angle SEN est KES, et celui de l'angle FEH ou DEN est FEK; mais $KES = FEK$ (594). Nous avons donc $SEN = DEN$.

Quatrième proposition.

596. Quand les rayons de lumière éprouvent deux réflexions, la moitié du supplément de l'angle d'émergence est égale au triple de l'angle de réfraction, moins celui d'incidence.

Démonstration.

Si l'on imagine le diamètre PQ parallèle au rayon de lumière incident SEA, les angles SEN et OIC seront égaux, comme ayant leurs côtés parallèles; mais l'angle extérieur $OIC = OBI + BOI = OBA + BOI = OBA + ORA$, parce que les angles BOI et ORA sont alternes internes. On aura donc $SEN = OBA + ORA = OAB + ORA$.

Les triangles AOB et ARO, qui ont un angle commun, nous donnent $ORA + RAO = OBA + OAB = 2\,OAB$, et $ORA = 2\,OAB - RAO$; mais $SEN = OAB + ORA$. Nous aurons donc $SEN = 3\,OAB - RAO$.

Cinquième proposition.

597. La tangente de l'angle d'incidence est à celle de l'angle de réfraction comme 3 est à 1, quand les rayons sortent parallèles.

Démonstration.

En représentant l'angle d'incidence par x, et celui de réfraction par y, nous aurons (596) $3y - x$ pour la moitié du supplément de l'angle d'émergence, et $3\,dy - dx$. pour sa différentielle; or elle est nulle quand les rayons

sortent parallèles (581). Ainsi nous aurons $3\,dy - dx = 0$, ou $dx = 3\,dy$, et $dx : dy :: 3 : 1$; mais $dx : dy :: tang.\ x : tang.\ y$ (580). Nous aurons donc $tang.\ x : tang.\ y :: 3 : 1$.

Premier problème.

598. Trouver l'angle d'émergence que font les rayons rouges, lorsqu'ils sortent parallèles, après deux réflexions.

Solution.

Nous aurons (247) $sin.\ x : sin.\ y :: 4 : 3$, et (597) $tang.\ x : tang.\ y :: 3 : 1$; ce qui donne (583), $b = 4$, $c = 3$, et $n = 3$ (597).

Substituant ces valeurs dans la formule $cos.\ x. = R\sqrt{\frac{(b+c)\ (b-c)}{(cn+c)\ (cn-c)}}$, nous aurons $x = 71° 49' 50''$. Il ne s'agit plus que de calculer y par la proportion $sin.\ x : sin.\ y :: 4 : 3$, d'où l'on tire $y = 45° 26' 59''$.

La moitié du supplément de l'angle d'émergence, ou $3\,y - x$ (596) est de $64° 30' 40''$. Le double ou le supplément, c'est-à-dire FEA, est de $129° 1' 20''$, et l'angle d'émergence FES est de $50° 58' 40''$. Ainsi les rayons rouges seront efficaces, ou sortiront parallèles, quand l'angle d'émergence sera de $50° 58'$.

Second problème.

599. Quel est l'angle d'émergence que font les rayons violets, quand ils sortent parallèles, après deux réflexions?

Si nous supposons que le centre de la terre soit en A, et que le cercle $DZFG$ représente la sphère céleste ; la droite EC sera le diamètre de l'horizon sensible du point B, et la droite FD sera celui de l'horizon réel.

La terre est si éloignée des étoiles, que nous voyons les deux parallèles DF et CE se terminer aux mêmes points du ciel, et la partie DZF ne diffère pas de CZE (284.)

Ceux qui sont en B n'aperçoivent que l'hémisphère DZF ou CZE, parce que la surface du globe terrestre les empêche de voir l'hémisphère inférieur DGF.

Zénit et Nadir.

601. Le zénit et le nadir sont les deux points où la verticale prolongée rencontre la sphère céleste. Le premier se trouve au-dessus de notre tête ; et l'autre sous nos pieds. Ainsi, le point B a son zénit en Z, et son nadir en G.

On dit que le zénit et le nadir sont les pôles de l'horizon, parce qu'ils sont à 90 degrés de tous les points de la circonférence de ce grand cercle.

Changement d'horizon. (Fig. 390.)

602. L'horizon varie dès qu'on fait un pas sur la terre. Si nous étions en F, notre zénit seroit en Z ; et la droite BD seroit le diamètre de notre horizon. Mais, si nous avancions vers le point G, notre zénit se trouveroit en H, et le diamètre de notre horizon seroit la droite AE perpendiculaire à la verticale CH.

Le changement de l'horizon est égal à celui du zénit.

En effet, les arcs EH et DZ sont égaux, puisque chacun d'eux est le quart d'une même circonférence (601) ; or, ils ont une partie commune DH. Les restes ZH et DE sont donc égaux.

Axe du monde et ses pôles.

603. Les pôles du monde sont les deux points autour desquels toute la sphère céleste nous paroît tourner d'orient en occident.

Celui que nous voyons en Europe est le pole boréal ou septentrional. Il est très-près de l'étoile polaire, qui est à l'extrémité de la queue de la petite ourse. Le pole austral ou méridional est caché sous notre horizon.

L'axe du monde est la droite imaginée par les deux poles.

Equateur. (Fig. 391.)

604. L'équateur est un grand cercle du ciel, qui est à 90 degrés de chacun des poles. Il divise la sphère céleste en deux parties égales, dont l'une est boréale et l'autre méridionale.

Soit P le pole du nord ; R celui du midi ; EP et ER deux arcs de 90 degrés chacun.

La droite PR sera l'axe du monde ; BE sera le diamètre de l'équateur ; et les points R et P seront les deux poles de ce grand cercle, puisqu'ils sont à 90° de tous les points de sa circonférence.

Mouvement diurne du ciel.

605. C'est le mouvement qui paroît entraîner la sphère céleste autour de l'axe du monde, en allant d'orient en occident.

On observe que chacun des astres décrit, en 24 heures, un cercle parallèle à l'équateur ; mais ces différens cercles diminuent de grandeur en s'approchant des poles qui sont immobiles. Une étoile F parcourt la circonférence d'un cercle dont le rayon est DF, tandis que l'étoile E se meut sur la circonférence d'un grand cercle qui a pour rayon la droite EC.

Ce mouvement n'est qu'une apparence, et nous verrons que c'est la terre qui tourne sur elle-même d'occident en orient.

Méridien.

606. Un méridien est un grand cercle qui passe au zénit, et par les deux poles. Il est perpendiculaire à l'horizon, et divise le ciel en deux hémisphères, dont l'un est oriental et l'autre occidental.

Si nous étions en C, nous aurions notre zénit en *Z*, et le cercle *HZOR* seroit notre méridien.

Il faut supposer que le plan de ce grand cercle est immobile, et que tous les astres y passent deux fois en 24 heures. Ainsi l'étoile *F* rencontre le méridien aux deux points *F* et *G*, en décrivant un parallèle qui a la droite *FG* pour diamètre.

On ne change pas de méridien quand on va directement vers le nord ou vers le sud; mais il varie dès qu'on marche du côté de l'orient ou de l'occident.

Hauteur méridienne d'une étoile. (Fig. 392.)

607. La hauteur méridienne d'un astre est l'arc du méridien, compris entre l'horizon et le centre de l'astre.

On la mesure avec un quart de cercle *BCF* qui porte une lunette fixe *CF*, et une autre mobile *CD*. Chacune d'elles renferme deux fils qui se croisent à son centre. Le premier *GK* (Fig. 393) est vertical, et le second *ML* est parallèle à l'horizon.

Soit *E* (Fig. 392) une étoile; *C* l'œil de l'observateur qui est toujours au centre apparent de la sphère céleste; *Z* le zénit; *HO* le diamètre de l'horizon; *HZO* le méridien, et *EO*, la hauteur méridienne de l'astre.

Après avoir établi le quart de cercle dans le plan du méridien, on fait en sorte que la lunette fixe soit bien horizontale. Ensuite on tourne la lunette mobile *CD* jusqu'à ce qu'on aperçoive l'étoile *E* sur le fil qui est au centre de cet instrument. Le nombre des degrés de l'arc *DF* est égal à celui des degrés de l'arc *EO*, puisque les deux arcs servent de mesure au même angle *ECO*.

Hauteur du pole. (Fig. 391.)

608. La hauteur du pole est l'arc du méridien compris entre l'horizon, et le pole qui est visible.

On détermine cet arc par le moyen de l'étoile polaire qui décrit un petit cercle autour du pole boréal.

Soit *C* l'œil de l'observateur; *Z* son zénit; *HO* l'horizon; *P* le

pole du nord ; *HZO* le méridien, et *DF* le rayon du parallèle de l'étoile polaire.

Pour avoir l'arc *OP* qui est la hauteur du pole, on mesure la plus grande hauteur méridienne de l'étoile ou l'arc *OPF*. Douze heures après, on prend la plus petite hauteur *OG* que l'on retranche de la plus grande, et l'on a l'arc *FPG*. Enfin, l'on ajoute sa moitié *PG* à l'arc *OG*, ce qui donne *OP* ou la hauteur du pole.

Elle est à Paris, de 48° 50′ 15″, et à Dijon de 47° 20′.

Hauteur de l'équateur.

609. C'est l'arc *EH* du méridien, compris entre l'équateur et l'horizon.

Elle est le complément de la hauteur du pole, c'est-à-dire que les deux arcs *EH* et *OP* valent ensemble 90° ou le quart de la circonférence.

En effet, l'arc *OZH* est de 180 degrés ; mais *PZE*, distance du pole à l'équateur, est de 90 degrés (604). Les deux arcs *EH* et *OP* valent donc ensemble 90°, et *EH* est de 90° moins *OP*.

La hauteur de l'équateur est à Paris, de 41° 9′ 45″, et à Dijon, de 42° 40′.

Si l'on établit, dans le plan du méridien, une lunette qui fasse avec l'horizon de la seconde ville, un angle de 42° 40′, toutes les étoiles qu'on verra passer dans l'instrument, se trouveront sur l'équateur, puisqu'elles auront la même hauteur méridienne.

Points cardinaux.

610. Il y a quatre points cardinaux qui se nomment, le Nord, le Sud ou le Midi, l'Orient ou l'Est, et l'Occident ou l'Ouest.

Les deux premiers sont les points où le méridien rencontre l'horizon, et les deux autres sont les points où l'équateur coupe le second cercle.

Quand nous regardons le pole boréal, nous avons le nord devant nous, le sud par derrière, l'orient à droite, et l'occident à gauche.

Jour sidéral.

611. On appelle ainsi le temps qu'une étoile emploie à revenir au méridien, ou bien à décrire 360 degrés en allant d'orient en occident. Il se divise en 24 parties égales, qui sont les heures des étoiles ou de la sphère céleste.

Une pendule est réglée sur les étoiles, quand elle marque 24 heures, pendant la révolution diurne de ces astres.

Puisqu'une étoile nous paroît décrire 360° en 24 heures, elle parcourt la vingt-quatrième partie de la circonférence ou 15 degrés en une heure, et un degré en 4 minutes qui sont la quinzième partie d'une heure.

On peut dire aussi qu'un jour sidéral est le temps qui s'écoule pendant que les 360° de l'équateur passent au méridien, ce qui donne 15° pour une heure, et 1° pour 4 minutes.

Jour solaire vrai.

612. C'est le temps que le soleil emploie à revenir au méridien par son mouvement diurne; on le divise aussi en 24 parties égales qui reçoivent le nom d'*heures solaires vraies*.

L'astre du jour nous paroît décrire un arc de 15 degrés, ou la vingt-quatrième partie de la circonférence, pendant l'une de ces heures. Elles sont indiquées par les cadrans solaires, et ne sont point égales aux heures des étoiles.

Mouvement annuel du soleil. (Fig. 394.)

613. Le soleil est encore animé d'un mouvement apparent qui fait que nous le voyons parcourir 360 degrés, en allant d'occident en orient, dans l'espace d'une année.

Soit P le pole du nord, qui est au dessus du plan de la figure; PS un arc du méridien; S le soleil, et E une étoile qui en est éloignée de 120 degrés.

Elle arrive au méridien 8 heures après le soleil, puisqu'elle décrit 15 degrés par heure (611); et le temps qui s'écoule entre les deux passages, seroit toujours le même si la distance ES étoit

invariable; mais, il diminue chaque jour d'environ 4 minutes, et l'étoile passe au méridien avec le soleil après 120 jours à peu près. D'ailleurs, cette étoile est immobile, et l'intervalle qui la sépare des autres, telles que H et G, n'éprouve aucune variation. C'est donc le soleil qui s'approche d'elle, et qui va de S vers E, ou d'occident en orient.

Ecliptique. (Fig. 395.)

614 L'écliptique est un grand cercle que le soleil paroît décrire pendant une année, en allant d'occident en orient.

Soit HO l'horizon; P le pole du nord; R celui du midi; PR l'axe du monde; $ABIF$ l'équateur, et $HKOG$ le méridien.

Quand on mesure la hauteur méridienne du soleil, on y remarque les changemens qui suivent :

Au premier germinal, il est à peu près sur l'équateur; sa hauteur méridienne BH est à Dijon, de 42° 40′ (609), et nous le voyons parcourir en 24 heures la circonférence de l'équateur $ABIF$.

Cet astre s'élève ensuite vers le pole boréal, jusqu'au premier messidor. Il décrit alors un parallèle qui a pour diamètre la droite KD, et qui se trouve à 23° 28′ au-dessus de l'équateur.

Depuis cette époque, il descend vers l'équateur, et sa hauteur méridienne est encore l'arc BH au premier vendémiaire.

Il passe dans l'hémisphère austral et s'approche du pole R pendant trois mois, de manière qu'au premier nivôse il fait sa révolution diurne sur le parallèle EG qui est à 23° 28′ au-dessous de l'équateur.

Enfin, il remonte vers ce grand cercle, depuis le premier nivôse jusqu'au premier germinal.

Ces observations nous apprennent que le soleil paroît se mouvoir sur la circonférence d'un cercle $AKIG$ qui coupe l'équateur aux deux points A et I.

Nous verrons que ce mouvement n'est qu'une apparence, et

que c'est la terre qui décrit l'écliptique en allant d'occident en orient.

Equinoxes et solstices. (Fig. 395.)

615. Les équinoxes sont les deux points où l'écliptique rencontre l'équateur. On distingue l'équinoxe du printemps et celui d'automne ; le premier A est le point où l'écliptique coupe l'équateur pour s'élever au dessus, vers le pole du nord ; le second I est le point où l'écliptique coupe l'équateur pour descendre au dessous vers le pole du midi.

On donne le nom de solstices aux deux points G et K de l'écliptique, qui sont à 23° 28′ de l'équateur. Celui qui se trouve dans l'hémisphère austral, est le solstice d'hiver. Le point opposé K, qui est vers le pole du nord, se nomme solstice d'été.

Précessions des équinoxes. (Fig. 396.)

616. Les deux équinoxes ont un mouvement rétrograde qui les porte d'orient en occident. Si l'équinoxe du printemps répondoit cette année, au point A ; il se trouvera, l'année prochaine, au point G où l'équateur $ABCD$ coupera l'écliptique $AECF$. Cette variation est de 50″ par an, ou de 1° 23′ 10″ par siècle. Il s'ensuit qu'une étoile E paroît s'éloigner de l'équinoxe du printemps, et qu'elle fait le tour du ciel dans l'espace de 25972 ans.

Quand l'équinoxe du printemps est en G, celui d'automne est en H, parce qu'ils sont toujours à 180° l'un de l'autre.

Obliquité de l'écliptique. (Fig. 395.)

617. C'est l'angle formé par le plan de l'écliptique $AKIG$, et par celui de l'équateur $ABIF$.

Pour avoir l'arc BK qui lui sert de mesure, on prend la plus grande hauteur méridienne du soleil, ou l'arc HK qui est à Dijon de 66° 8′ ; on en retranche la hauteur de l'équateur ou l'arc BH

qui est de 42° 46′, et l'on a 23° 28′ pour l'obliquité de l'écliptique.

Elle diminue chaque année d'une demi-seconde, à cause de l'attraction que les planètes exercent sur la terre; mais cette variation a des limites, et le plan de l'écliptique ne peut se confondre avec celui de l'équateur.

Poles de l'écliptique. (Fig. 390.)

618. On appelle ainsi les deux points du ciel qui sont à 90° de tous les points de la circonférence de ce grand cercle.

Ils sont à 23° 28′ des poles du monde, qui sont ceux de l'équateur.

Soit BD le diamètre de l'équateur; AE celui de l'écliptique; Z l'un des poles du premier cercle; H celui du second, et DE l'obliquité de l'écliptique qui est de 23° 28′.

Les arcs DZ et HE sont égaux, puisqu'ils sont le quart d'une même circonférence; mais ils ont une partie commune DH. Les deux restes ZH et DE sont donc égaux.

Saisons. (Fig. 395.)

619. Nous avons quatre saisons différentes, qui sont le printemps, l'été, l'automne et l'hiver.

Le printemps est le temps que le soleil emploie pour aller de A en K, ou de l'équinoxe du printemps au solstice d'été.

On appelle *été* le temps qui s'écoule pendant que le soleil décrit l'arc KI, compris entre le solstice d'été et l'équinoxe d'automne.

Le temps qu'il emploie à passer de I en G, ou de l'équinoxe d'automne au solstice d'hiver, porte le nom d'*automne*.

Enfin, l'*hiver* est le temps qui s'écoule depuis l'instant où le soleil est au point G solstice d'hiver, jusqu'au moment où il arrive à l'équinoxe du printemps A.

Signes de l'écliptique.

620. On a divisé les 360° de l'écliptique en 12 parties égales

de 30 degrés chacune, auxquelles on a donné le nom de *Signes*.

Le premier commence à l'équinoxe du printemps, et se nomme le bélier ; les autres sont le taureau, les gémeaux, l'écrevisse, le lion, la vierge, la balance, le scorpion, le sagittaire, le capricorne, le verseau, et les poissons.

Ces divisions étoient connues des Grecs qui les avoient empruntées des Egyptiens ; mais l'origine des noms qu'elles ont reçus est très-incertaine.

Si l'on en croit M. Pluche, le bélier, le taureau, et les gémeaux ou les deux chevreaux, sont les signes du printemps, parce que c'est la saison qui voit naître ces animaux si utiles aux agriculteurs.

L'écrevisse, ou le premier signe de l'été, annonce que le soleil rétrograde vers l'équateur ; la force du lion indique l'excès de la chaleur, et la vierge qui tient un épi, marque le temps des moissons.

La balance exprime l'égalité des jours et des nuits ; le scorpion désigne les maladies de l'automne, et le sagittaire fait connoître le temps de la chasse.

Enfin, le capricorne répond à l'époque où le soleil remonte vers l'équateur ; cet astre passe dans le verseau pendant la saison des pluies, et nous l'apercevons dans le signe des poissons, quand le temps est favorable pour la pêche.

Les deux colures.

621. Le colure des équinoxes est un grand cercle qui passe aux poles, et par les deux équinoxes. Celui des solstices passe aux poles et par les deux solstices.

CHAPITRE II.

DES PETITS CERCLES ET DES ZONES CÉLESTES.

UN petit cercle est celui qui n'a pas le même centre que la sphère céleste, et qui la divise en deux parties inégales.

On ne considère que les tropiques, les cercles polaires, et d'autres cercles parallèles à l'équateur ou à l'horizon.

Tropiques. (Fig. 395.)

622. Les tropiques sont deux petits cercles parallèles à l'équateur, et qui en sont éloignés de 23° 28′.

Celui qui est dans l'hémisphère boréal *BPF* se nomme tropique du cancer, et celui qui se trouve dans l'hémisphère austral *BRF* s'appelle tropique du capricorne. Ils ont pour diamètres, les droites *KD* et *GE*.

Puisque la hauteur de l'équateur à Dijon, est de 42° 40′, et que le tropique du cancer est plus élevé de 23° 28′, il s'ensuit que la hauteur de ce petit cercle est de 66° 8′. Si nous établissons dans le plan du méridien une lunette qui fasse avec l'horizon, un angle de 66° 8′, nous y verrons passer toutes les étoiles qui sont au tropique du cancer. On y verroit celles qui sont au tropique du capricorne, si la lunette faisoit avec l'horizon un angle de 19° 12′, parce que ce petit cercle est à 23° 28′ au-dessous de l'équateur.

Cercles polaires.

623. Les cercles polaires sont deux petits cercles parallèles à l'équateur, et qui sont à 23° 28′ des poles du monde. Ils sont décrits par les poles de l'écliptique (618). Leurs diamètres sont les droites *ML* et *NS*. Le premier se nomme cercle polaire, arctique ou boréal, tandis que l'autre est le cercle polaire, antarctique ou méridional.

Il faut observer que ces petits cercles, et tous les parallèles à l'équateur ont leur centre *Q*, *T*, *U* et *Z* sur l'axe du monde *PR*.

Zones célestes.

624. On divise le ciel en cinq parties qui sont la zone torride, les deux zones tempérées et les deux zones glaciales.

La zone torride est une bande circulaire comprise entre les deux tropiques *KD* et *GE*. L'une des zones tempérées se trouve entre le tropique du cancer *KD* et le cercle polaire arctique *ML*, tandis que l'autre s'étend depuis le tropique du capricorne *EG*, jusqu'au cercle polaire antarctique *NS*.

Enfin, les deux zones glaciales *MPL* et *NRS* sont renfermées entre les poles du monde et les cercles polaires.

Zodiaque.

625. Le zodiaque est une zone ou bande circulaire qui a seize degrés de largeur, et dont l'écliptique occupe le milieu.

Cet espace contient les orbites de toutes les planètes, excepté celles de Cérès et de Pallas. On le divise en 12 parties égales qui portent les noms des signes de l'écliptique.

CHAPITRE III.

DE LA RÉFRACTION ET DES PARALLAXES.

626. Nous avons démontré (254) que la réfraction nous fait voir les astres plus haut qu'ils ne sont réellement. Elle est nulle, quand ils sont au zénit, parce que les rayons de lumière qu'ils nous envoient sont perpendiculaires à la surface de l'atmosphère; mais elle augmente depuis le zénit jusqu'à l'horizon, parce que les faisceaux de lumière sont plus obliques, et que d'ailleurs ils traversent des couches d'air qui sont plus comprimées.

Elle devient aussi plus grande, toutes les fois que l'air se refroidit ou que sa pression augmente. L'accroissement de la réfraction moyenne est d'environ un vingt-deuxième, quand le mercure du

baromètre s'élève de 15 lignes (34 millimètres); ou lorsque celui du thermomètre descend de 10 degrés. Elle est, sous l'équateur, bien moindre que sous les cercles polaires où l'air est condensé par le froid.

Table des réfractions. (Fig. 397.)

627. Pour déterminer la quantité dont la réfraction altère la hauteur des astres; on peut aller sous l'équateur céleste avec une horloge réglée sur le mouvement des étoiles, ou qui marque 24 heures pendant qu'elles décrivent 360° d'orient en occident.

Soit *C* l'œil de l'observateur; *HO* l'horizon; *HZO* l'équateur céleste qui est alors perpendiculaire à l'horizon; *Z* une étoile au zénit, et par conséquent au méridien.

L'arc *OZ* est de 90 degrés (601), et l'étoile parcourt l'arc *ZB* ou 75 degrés en 5 heures (611), de manière que sa hauteur vraie *BO* est de 15°; or, en mesurant sa hauteur apparente *OD* avec un quart de cercle, on la trouve de 15° 3′ 29″. La réfraction élève donc les astres de 3′ 29″, lorsqu'ils sont à 15 degrés au-dessus de l'horizon.

C'est par le moyen de cette méthode et de plusieurs autres, que les astronomes ont formé des tables; vous y verrez que la réfraction est de 33″ à 60° de hauteur, et qu'elle est de 32′ 54″ à l'horizon. Ainsi, nous apercevons le bord supérieur du soleil, lorsqu'il est à 33 minutes au-dessous du plan de ce grand cercle.

Parallaxe. (Fig. 398.)

628. La parallaxe est la différence entre le point du ciel où nous voyons un astre et celui auquel il répondroit si nous étions au centre de la terre.

On distingue la parallaxe horizontale et celle de hauteur; la première est la parallaxe d'un astre qui est à l'horizon, et la seconde est celle d'un astre qui est au-dessus de ce plan.

Soit *A* l'œil de l'observateur; *Z* le zénit; *C* le centre de la terre; *AG* l'horizon; *L* une planète, et *ZEK* le ciel étoilé.

Nous apercevons la planète au point G de la sphère céleste; mais nous la verrions en *F* si nous étions au centre de la terre. Sa parallaxe horizontale est donc l'angle *FLG*, ou son égal *ALC*.

Quand l'astre se trouve en *B*, sa parallaxe de hauteur est l'angle *EBD* ou *ABC*.

Il est facile d'observer 1°. que la parallaxe abaisse les astres, 2°. qu'elle est nulle pour ceux qui sont au zénit. Si la planète étoit en *M*, nous la rapporterions au point *Z*, comme si nous étions en *C*.

L'astronomie fournit des méthodes pour déterminer la parallaxe horizontale, et le calcul donne ensuite la parallaxe de hauteur pour tous les degrés, depuis le zénit jusqu'à l'horizon.

CHAPITRE IV.

DU SOLEIL.

Le soleil est un corps sphérique et lumineux par lui-même. Il est l'origine de la lumière qui nous éclaire, et de la chaleur qui féconde le sein de la terre.

Nous avons observé qu'il est entraîné d'orient en occident par le mouvement diurne de la sphère céleste, et qu'il paroît encore se mouvoir sur l'écliptique en allant d'occident en orient.

Diamètre apparent. (Fig. 399.)

629. C'est l'angle sous lequel nous voyons l'astre du jour.

Soit *B* l'œil du spectateur; *AC* le diamètre vrai du soleil; *AB* et *CB* les faisceaux de lumière qui partent de ses deux extrémités.

Le diamètre apparent est l'angle *ABC*, ou l'arc du ciel qui lui sert de mesure. Il augmente à mesure que la distance diminue; si le soleil étoit en *D*, et que son diamètre vrai fût *ED=AC*, on l'apercevroit sous l'angle *EBD* plus grand que *ABC*.

Le diamètre varie depuis 31′ 31″ jusqu'à 32′ 36″.

Déclinaison du soleil. (Fig. 391.)

630. La déclinaison du soleil est sa distance à l'équateur, mesurée sur un grand cercle qui passe aux deux poles, et par le centre de l'astre.

On dit qu'elle est boréale, quand le soleil se trouve entre l'équateur et le pole du nord. Elle seroit australe ou méridionale s'il étoit entre l'équateur et le pole du midi.

Soit HO l'horizon ; Z le zénit ; EB l'équateur ; OZH le méridien, et K le centre du soleil.

Pour avoir la déclinaison EK, on mesure la hauteur méridienne KH, et l'on en retranche la hauteur de l'équateur EH.

Si le soleil étoit au-dessous de ce grand cercle, au point L, par exemple, sa déclinaison EL seroit australe et égale à la hauteur de l'équateur EH, moins la hauteur méridienne LH.

Passage à l'équinoxe.

631. Quand on veut trouver l'instant précis où le soleil passe à l'équinoxe du printemps, on mesure la déclinaison de cet astre, le 30 ventose par exemple, à midi. Je suppose qu'elle soit australe et de $1' 28''$, ou que le centre du soleil soit en M ; il faut qu'elle diminue de la quantité ME avant qu'il arrive à l'équateur EB.

On la détermine encore le lendemain, et si le centre du soleil est en S, de manière que sa déclinaison boréale ES soit de $22' 13''$, il s'ensuit qu'elle a changé de l'arc MS ou de $23' 41''$ en 24 heures.

Pour avoir le temps qu'elle emploie à varier de $1' 28''$, on fait cette proportion, $23' 41'' : 1' 28'' :: 24^h. : x$, ou bien, $1421'' : 88'' :: 24^h. : x = 1h. 29'$.

C'est le nombre des heures qui s'écoulent depuis le moment où le soleil est en M, jusqu'à celui où il se trouve en E ; or, il est au point M, le 30 ventose à midi. Il est donc sur l'équateur à une heure 29 minutes du soir.

Année tropique.

632. L'année tropique est le temps que le soleil emploie pour revenir à l'équinoxe du printemps.

Il est facile de calculer sa longueur par le moyen des observations du passage à l'équinoxe. On en choisit deux qui soient très-éloignées l'une de l'autre, et l'on divise l'intervalle par le nombre des révolutions que le soleil a faites.

Si le temps écoulé depuis la première observation jusqu'à la seconde est de 14609 jours 16 heures 32 minutes, et que l'astre du jour ait achevé quarante révolutions, il est évident que la durée de chacune d'elles est la quarantième partie de cette quantité, ou $365^j\ 5^h\ 48'\ 48''$.

Le soleil ne décrit pas toute l'écliptique en une année, puisque l'équinoxe du printemps rétrograde (616). Cet astre coupe l'équateur avant de se trouver au point d'où il étoit parti, et la différence est d'environ 50″.

Année sidérale.

633. C'est le temps que le soleil emploie à revenir au même point du ciel, ou bien à décrire 360 degrés.

Elle est de $365^j\ 6^h\ 9'\ 11''$, et plus longue que l'année tropique ou équinoxiale, parce que le soleil parcourt 50″ $\frac{1}{4}$ de plus.

Ascension droite du soleil. (Fig. 400.)

634. L'ascension droite d'un astre est sa distance à l'équinoxe du printemps, mesurée sur l'équateur.

Soit ABC l'équateur ; $AIBMC$ l'écliptique ; A l'équinoxe du printemps ; D le centre du soleil ; ED un arc de grand cercle qui passe aux poles du monde et qui est perpendiculaire à l'équateur.

Cet arc est la déclinaison du soleil (630) qui répond au point E, et l'arc EA de l'équateur est l'ascension droite.

Dans le triangle sphérique AED, nous connoissons 1°. l'angle droit E ; 2°. l'angle A qui est l'obliquité de l'écliptique ; 3°. le

côté DE ou la déclinaison du soleil ; mais on peut calculer trois des six parties d'un triangle sphérique lorsqu'on a les trois autres. Nous trouverons donc aisément l'ascension droite AE.

Si le soleil avoit passé au solstice d'été I, et qu'il fût en K, sa déclinaison seroit KL, et l'obliquité de l'écliptique seroit l'angle B. Le triangle BKL donneroit l'arc BL que l'on retrancheroit de AB ou de 180 degrés, et l'on auroit l'ascension droite AL.

Quand le soleil est en G après l'équinoxe d'automne, on fait usage du triangle BGF dans lequel on calcule BF que l'on ajoute à l'arc AB qui est de 180 degrés, pour avoir l'ascension droite ABF.

Enfin, si l'astre est en N, après le solstice d'hiver, on aura le triangle CNO, et l'arc OC que l'on ôtera de ABC ou de 360 degrés. Le reste ABO sera l'ascension droite.

Ascension droite moyenne, et vraie.

635. L'ascension droite moyenne est celle qui auroit lieu, si le soleil avançoit tous les jours de la même quantité sur l'équateur.

Elle augmenteroit de $59' 8''$ en 24 heures, puisque le soleil paroît décrire les 360 degrés de l'équateur en 365 jours 6 heures à peu près (633). Nous trouverons cet accroissement en faisant la proportion suivante : $8766^h : 24^h :: 360^o : x = 59' 8''$.

L'ascension droite vraie, est celle que l'on observe, et qui n'est pas toujours égale à l'ascension droite moyenne. Elle est quelquefois plus grande, et d'autres fois plus petite.

Longitude vraie du soleil. (Fig. 400.)

636. C'est l'arc de l'écliptique, compris entre l'équinoxe du printemps et le centre du soleil.

Quand il est en D, sa déclinaison est l'arc ED, son ascension droite est AE, et sa longitude vraie est l'arc AD.

On la calcule dans le triangle AED où l'on connoît l'angle droit E, l'angle A qui est l'obliquité de l'écliptique, et le côté DE.

Longitude moyenne.

637. La longitude moyenne est celle qui auroit lieu, si le soleil étoit animé d'un mouvement uniforme, ou s'il avançoit tous les jours de la même quantité sur l'écliptique.

Cette longitude augmenteroit de 59′ 8″ 3 en 24 heures, puisque le soleil parcourt sur l'écliptique 360 degrés moins 50″ en un an ou $365^j\ 5^h\ 48'\ 48''$.

On voit qu'elle seroit égale à 59′ 8″3, prises autant de fois qu'il y auroit de jours écoulés depuis le passage du soleil à l'équinoxe du printemps.

La différence entre la longitude moyenne et la longitude vraie, se nomme *équation du centre*. Elle est nulle vers la fin de nivose et de messidor ; la plus grande est d'environ 1° 55′ 30″.

L'astronomie nous apprend à calculer d'avance la longitude vraie du soleil, son ascension droite et sa déclinaison. Elles se trouvent dans la Connoissance des temps, pour le midi vrai de chaque jour au méridien de Paris.

Orbite apparente du soleil. (Fig. 401.)

638. Le soleil paroît décrire une ellipse dont la terre occupe le foyer.

Une ellipse $ABPD$ est la courbe que l'on obtient en coupant les deux côtés opposés d'un cône, par un plan qui est incliné sur la base.

On donne le nom de grand axe à la droite AP qui divise la courbe en deux parties égales. Le centre est le point C milieu de AP ; et le petit axe est la perpendiculaire BCD.

Les foyers sont deux points F et O du grand axe égale[illegible] éloignés du centre ; ils sont placés de manière que la [illegible] lignes FH et OH, menées de chacun d'eux à l'[illegible] courbe, est toujours la même, et égale [illegible]

On appelle *excentricité* la dist[illegible]

l'un des foyers. Elle est de 1680 parties égales, quand on suppose que le demi-grand axe PC en contient cent mille.

Le rayon vecteur est une droite imaginée par les centres du soleil et de la terre. Si le globe terrestre se trouvoit en F, et que l'astre du jour fût en H, le rayon vecteur seroit la droite FH.

Le point A, qui est le plus éloigné de la terre F se nomme *apogée*, tandis que le point P qui en est le plus près, reçoit le nom de *périgée*.

Si l'équinoxe du printemps est en G, l'angle GFA sera la longitude de l'apogée, qui étoit en 1800 de 99° 29′ 3″. Elle augmente chaque année de 62″ à peu près, de sorte que le grand axe de l'orbite solaire décrit 1° 43′ 20″ par siècle, en allant d'occident en orient.

Le soleil est en A quelques jours après le solstice d'été. Son diamètre apparent est le plus petit, et de 31′ 31″. Sa vitesse angulaire ou l'arc céleste qu'il parcourt en une heure, est de 2′ 23″, et sa longitude moyenne est égale à la longitude vraie. Il arrive en P quelques jours après le solstice d'hiver. Son diamètre apparent est alors de 32′ 36″; sa vîtesse angulaire est d'environ 2′ 33″ et sa longitude moyenne est encore égale à la longitude vraie.

Distance et parallaxe du soleil. (Fig. 398.)

639. Soit A l'observateur; Z le zénit; C le centre de la terre; AG l'horizon, et L le soleil.

La parallaxe horizontale est l'angle FLG ou ALC, qui n'excède pas 8″½. et la di[illegible] centre de la terre, est la droite CL. Or [illegible]le de [illegible]le ACL, où l'on connoît 1°. l'angle [illegible] ; 3°. le rayon de la terre CA qui [illegible]9).

Or [illegible]moyenne est de 34,761,680

[illegible]eil. ([illegible])

[illegible]appar[illegible]angle ACB,

Temps vrai et temps moyen.

649. Le premier est le nombre des jours vrais écoulés depuis une époque déterminée, et le second est le nombre des jours moyens écoulés depuis la même époque.

On appelle *équation du temps* la différence qui règne entre ces deux quantités. Elle varie depuis zéro jusqu'à 16′ 14″.

Une pendule est réglée sur le temps moyen, quand elle marque 23 heures 56 minutes 4 secondes pendant le retour d'une étoile au méridien. Elle répondroit au mouvement diurne des étoiles, si elle indiquoit 24 heures durant cette révolution.

Année civile et astronomique.

650. L'année astronomique est le temps que le soleil emploie pour revenir à l'équinoxe du printemps. Elle est de 365^{j} 5^{h} 48′ 48″.

L'année civile est une durée de 365 jours, et quelquefois de 366. Romulus ne l'avoit composée que de 304 jours, ou 10 mois. Numa Pompilius y ajouta les mois de janvier et de février, de manière que les années communes étoient de 355 jours. On avoit réglé que les autres seroient de 377 ou 378 jours, afin de suivre le cours du soleil. Mais, les Pontifes chargés d'indiquer ces années intercalaires, en supprimèrent quelques unes, et la confusion devint si grande, que les mois d'automne répondoient à l'hiver quand Jules César fut nommé dictateur.

Supposant que le soleil achevoit sa révolution en 365 jours 6 heures; il ordonna, 1°. que l'an 708 de Rome seroit de quatorze mois; 2°. qu'il y auroit trois années communes de 365 jours, et que la quatrième seroit de 366 jours, à cause des six heures, qui forment un jour dans l'espace de quatre ans. Le jour intercalaire fut placé au mois de février, et la quatrième année reçut le nom de *bissextile*, parce qu'il y avoit alors, dans le mois de février, deux jours, qui étoient nommés le sixième des calendes de mars.

Nous avons observé que l'année solaire n'est pas de 365 jours 6 heures, mais seulement de 365 jours 5^h $48'$ $48''$; la différence est de $11'$ $12''$, qui produisoient, en 1582, une erreur de 10 jours. On se trouvoit en retard sur le soleil, qui passoit à l'équinoxe du printemps le 11 de mars, au lieu du 21.

Pour obvier à cet inconvénient du calendrier julien, le pape Grégoire XIII retrancha 10 jours du mois d'octobre de cette année. Le cinquième jour fut le quinzième; et afin que l'équinoxe du printemps ne s'éloignât plus du 21 mars, on arrêta que, sur quatre années séculaires qui devoient être bissextiles, il y en auroit trois de 365 jours, à commencer par 1700.

Cette opération diminue les quatre siècles de trois jours, ou $4320'$; mais les $11'$ $12''$ prises 400 fois donnent $4480'$. Les quatre siècles sont donc encore trop longs de $160'$, et l'on aura un jour de trop après 3600 ans.

CHAPITRE VI.

DES ÉTOILES.

651. Les étoiles sont des corps lumineux qui ne changent pas de position respective. Il est probable qu'elles n'ont pas la même grosseur, et qu'elles sont plus ou moins éloignées de la terre. Mais leur distance est si grande, qu'on ne peut la déterminer exactement. On les divise en plusieurs classes, à raison de leur éclat. Les plus brillantes se nomment étoiles de première grandeur, tandis que les autres sont de la seconde, de la troisième, et ainsi de suite, jusqu'à la douzième. On n'aperçoit, à la vue simple, que celles des six premières classes.

Constellations.

652. Les constellations sont des grouppes ou des amas d'étoiles auxquels on a donné des noms d'hommes, d'animaux ou de quelques instrumens.

Hipparque, né dans la Bithinie, fit un catalogue général des étoiles, vers l'an 130 avant Jésus-Christ. On y trouve 48 constellations, 12 dans le zodiaque, 21 au nord, et 15 au midi.

Constellations du zodiaque.

Le bélier.	La balance.
Le taureau.	Le scorpion.
Les gémeaux.	Le sagittaire.
L'écrevisse.	Le capricorne.
Le lion.	Le verseau.
La vierge.	Les poissons.

Il faut distinguer ces constellations des signes du zodiaque; chacun d'eux est de 30 degrés, ou la douxième partie de l'écliptique, tandis qu'elles occupent dans le ciel un espace qui est plus ou moins grand. La constellation du bélier se trouvoit, il y a deux mille ans, dans le signe qui porte le même nom, ou dans la première partie de l'écliptique. Mais l'équinoxe du printemps rétrograde chaque année d'environ 50″, et le soleil est maintenant dans la constellation des poissons, quand il coupe l'équateur pour s'élever au-dessus de ce grand cercle.

Constellations boréales.

La grande ourse.	Hercule.
La petite ourse.	L'aigle.
Le dragon.	Pégase.
Céphée.	Le petit cheval.
Cassiopée.	Le triangle boréal.
Andromède.	Le cocher.
Persée.	La chevelure de Bérénice.
Le bouvier.	Antinoüs.
La couronne boréale.	La flèche.
Le serpentaire, ou bien	La lyre.
Ophiucus.	Le cigne.
Le serpent.	Le dauphin.

Les constellations d'Antinoüs, et de la chevelure de Bérénice, furent ajoutées au catalogue des anciens par Thyco-Brahé, né en 1546, d'une illustre famille de Norwége.

Constellations australes.

Orion.	Le corbeau.
La baleine.	Le centaure.
L'éridan.	Le loup.
Le lièvre.	L'autel.
Le grand chien.	Le poisson austral.
Le petit chien.	Le navire.
L'hydre femelle.	La couronne australe.
La coupe.	

Ce catalogue renferme la plus grande partie des étoiles qui s'offrent à nos regards. Les astronomes en ont fait usage jusqu'au seizième siècle ; mais, en descendant vers le pole austral, on a découvert beaucoup d'étoiles inconnues, et nous avons des cartes célestes où l'on trouve plus de 100 constellations.

Etoiles changeantes.

653. On appelle ainsi les étoiles dont l'éclat éprouve des variations périodiques. Il y en a qui paroissent tout à coup, et qui deviennent invisibles après avoir brillé dans le ciel pendant quelques mois. La plus fameuse est celle que Thyco-Brahé découvrit en 1572, dans la constellation de Cassiopée. Cet astre étoit rond, sans queue ni chevelure ; il égaloit en splendeur Jupiter et Vénus ; mais sa lumière s'éteignit par degrés, après avoir excité l'admiration pendant 15 ou 16 mois.

Les astronomes expliquent ce dernier phénomène, en supposant que ces étoiles sont des globes environnés d'une masse de feu qui les dévore. Quant à celles qui ont des retours périodiques, on peut dire qu'elles tournent sur elles-mêmes, en nous présentant des parties lumineuses, et d'autres qui sont obscures.

Nébuleuses et voie lactée.

654. La voie lactée est une zone irrégulière et blanchâtre qui entoure le ciel. Elle coupe l'écliptique auprès des points solsticiaux et s'en écarte d'environ 60 degrés vers le nord et vers le midi. On y voit, avec de forts télescopes, un grand nombre de petites étoiles qui nous offrent l'apparence d'une lumière continue. M. Herschel en a remarqué 50000 dans un espace de 15° de longueur sur 2° de largeur.

On a donné le nom de *nébuleuses* à de petites blancheurs qu'on aperçoit dans les différentes parties de la sphère céleste, et qui paroissent être de même nature que la voie lactée.

Etoiles de première grandeur.

655. Celles que nous voyons en Europe, sont au nombre de treize.

Sirius, ou la gueule du grand chien.

L'épaule d'Orion.

Rigel, ou le pied d'Orion.

Aldébaran, ou l'œil du taureau.

La chèvre. L'aigle. La lyre. Arcturus.

Antarès, ou le cœur du scorpion.

L'épi de la vierge.

Régulus ou le cœur du lion.

Procyon. Fomahant.

Il y a des astronomes qui ajoutent encore à ces étoiles, la queue du cygne, la première tête des gémeaux, le cœur de l'hydre, et la queue du lion.

Nombre des étoiles.

656. Quand on regarde le ciel pendant une belle nuit qui n'est point éclairée par la lune, on croit apercevoir des millions d'étoiles. Cependant, on pourroit à peine en compter douze ou treize cents dans l'un des hémisphères célestes. Mais si l'on emploie des télescopes, on découvre une multitude innombrable de petites étoiles qui échappent à la vue simple. M. de Lalande en a observé près

de 50,000, et M. Herschel estime qu'il en a vu 44,000 dans un espace de 8° de longueur sur 3° de largeur, ce qui en supposeroit à peu près 75 millions dans le ciel entier.

Etoiles visibles durant le jour.

657. On n'aperçoit les petites étoiles qu'à l'instant où le soleil est à 18° sous l'horizon; mais celles de première grandeur sont visibles, dès qu'il est descendu à 10 ou 12 degrés.

Il y a même de belles étoiles, comme Sirius, que l'on voit en plein jour dans les pays méridionaux, ou lorsqu'on dirige une lunette précisément vers le point du ciel où elles se trouvent.

Distance énorme des étoiles. (Fig. 404.)

658. Soit S le soleil; AFB l'orbite de la terre, et C une étoile qui est dans le plan de l'écliptique.

Quand la terre est en A, nous apercevons l'astre C sur la droite ACG; et lorsqu'elle est en B, nous voyons la même étoile sur la droite BCD. La différence des points auxquels nous la rapportons est l'angle DCG ou son égal ACB; mais l'observation nous apprend que cet angle est insensible, et que l'étoile C répond toujours au même point du ciel. Il est donc évident que l'angle ACO, moindre que ACB n'est pas même d'une seconde.

Dans le triangle ACO, nous connoissons 1°. l'angle O qui est droit; 2°. le côté AO, distance moyenne du soleil à la terre, ou 34,357,468 lieues; 3°. l'angle ACO que nous supposerons d'une seconde. Il nous fournit le moyen de calculer AC qui est de 7,086,700,000000 de lieues, à peu près.

Diamètre apparent des étoiles.

659. C'est l'angle formé par les deux faisceaux de lumière qui partent des bords opposés, et qui se croisent en entrant dans l'œil.

Il n'est pas d'une seconde, et les plus belles étoiles ne présen-

tent qu'un point lumineux, quand on les observe avec un bon télescope.

Ce diamètre est plus grand à la vue simple, à cause de l'éclat des étoiles. Il paroit que les rayons augmentent l'étendue de l'image, en se répandant autour de la partie qu'elle occupe sur la rétine. Une forte lunette réunit ces filets de lumière, et diminue beaucoup l'effet qui résulte de leur écartement.

Scintillation des étoiles.

660. La lumière des étoiles est agitée d'un tremblement continuel, qui est nul ou très-foible dans les planètes.

On attribue ce phénomène aux vapeurs qui passent entre l'œil et ces astres. Ils ont un diamètre si petit que le mouvement de quelques molécules suffit pour les cacher et les montrer alternativement.

Il y a des voyageurs qui assurent que les étoiles n'étincellent pas dans les contrées arides, où l'air pur et tranquille ne contient que très-peu de substances étrangères.

Déclinaison des étoiles. (Fig. 391.)

661. La déclinaison d'une étoile est sa distance à l'équateur.

Soit HO le diamètre de l'horizon ; EB celui de l'équateur ; C l'œil de l'observateur ; Z son zénit ; PR l'axe du monde ; S une étoile qui est au méridien OZH.

Pour avoir sa déclinaison ou l'arc ES, on mesure sa hauteur méridienne HS (607), et l'on en retranche EH ou la hauteur de l'équateur.

Si l'étoile étoit en L dans l'hémisphère austral, sa déclinaison seroit l'arc EL égal à la hauteur de l'équateur EH, moins celle de l'astre, ou HL.

Ascension droite des étoiles. (Fig. 405.)

662. C'est l'arc de l'équateur compris entre l'équinoxe du printemps, et le point auquel répond l'étoile.

Soit *ASKE* l'écliptique inclinée sur l'équateur *ABDE*; *A* l'équinoxe du printemps; *S* le soleil; *C* une étoile; *P* le pole du nord qui est au-dessus du plan de la figure; *PCD* un arc de grand cercle imaginé par le pole et l'étoile; *PSB* une partie du méridien, sous laquelle on voit passer les 360° de l'équateur en un jour.

L'étoile répond au point *D* de l'équateur, et sa déclinaison est l'arc *CD*, tandis que son ascension droite est l'arc *ABD*.

Après avoir mesuré la déclinaison *BS* du soleil (630), on calcule son ascension droite *AB* (634), qui sera de 20 degrés, par exemple. Ensuite, on remarque le temps écoulé depuis midi jusqu'au moment où l'étoile *C* se trouve au méridien *PB*. Si l'intervalle est de six heures, il s'ensuit que l'arc *BD* qui a passé au méridien, est de 90 ou 6 fois 15 degrés (611). On les ajoute à l'arc *AB*, et l'on a l'ascension droite *ABD*=110°.

Elle suffit pour déterminer celle d'une autre étoile *F*, par exemple : on observe le temps qui sépare les deux passages des étoiles *F* et *C* au méridien *PB*. S'il est de 3 heures, on en conclut que l'arc *GD* est de 45 degrés, et que l'ascension droite *ADG* est de 155°.

L'ascension droite et la déclinaison des principales étoiles se trouvent dans la Connoissance des temps. On y voit que l'ascension droite augmente chaque année de plusieurs secondes, parce que l'équinoxe du printemps rétrograde, et que le point *A* passe en *O*, par exemple (616).

Passage d'une étoile au méridien. (Fig. 405.)

663. Pour avoir l'instant du passage d'une étoile au méridien, on ajoute son ascension droite avec le complément à 360° de l'ascension droite du soleil, et l'on réduit la somme en temps, à raison de 15° par heure.

Le complément à 360° de l'ascension droite du soleil, est ce qui lui manque pour être égale à 360 degrés. On l'appelle aussi distance de l'équinoxe au soleil.

Il peut arriver que l'ascension droite de cet astre soit plus grande ou plus petite que celle de l'étoile.

Soit ADE l'équateur; ASE l'écliptique; A l'équinoxe du printemps; PD le méridien; C une étoile qui répond au point D, et H le soleil.

L'heure vraie du passage est la distance du soleil au méridien, ou l'arc $DBLEG$ que le soleil a paru décrire depuis midi.

Nous avons $DBLEG = ABD + ALEG$; mais ABD est l'ascension droite de l'étoile (662), et $ALEG$ est le complément à 360° de l'arc ADG qui est l'ascension droite du soleil au moment du passage. La somme de ces deux quantités réduites en temps, nous indiquera donc l'heure demandée.

Si le soleil étoit en S ou qu'il répondît au point B de l'équateur, quand l'étoile est au méridien PD; sa distance, à ce grand cercle, seroit l'arc DB, et nous aurions $DB = ABD - AB$; mais $AB = 360° - ALEDB$. Nous aurions donc $BD = ABD + ALEDB - 360°$.

On voit que l'heure du passage est toujours égale à l'ascension droite de l'étoile, augmentée du complément à 360° de celle du soleil, et qu'il faut retrancher 24 heures toutes les fois que la somme réduite en temps excède la durée d'un jour.

Exemple.

664. On demande à quelle heure l'étoile polaire doit passer au méridien de Paris, le 11 nivose an 13?

Son ascension droite est de 13° 23′ 12″, ou 54 minutes de temps. Nous y ajouterons la distance de l'équinoxe au soleil, qui est de 5ʰ 13′ 19″, et nous aurons 6ʰ 7′ 19″ pour l'heure approchée du passage.

Nous avons pris la distance de l'équinoxe au soleil pour midi, tandis qu'il faut employer celle qui a lieu au moment du passage, c'est-à-dire à 6ʰ 7′ 19″ à peu près.

Le 12 nivose à midi, cette quantité réduite en temps, sera de

5^h 8′ 54″, de manière qu'elle diminuera de 4′ 25″ en 24 heures. Pour trouver la diminution qu'elle éprouve en 6^h 7′ 19″, on fait cette proportion; $24^h : 6^h\ 7' :: 4'\ 25'' : x$, ou bien 1440′ : 367′ :: 265″ : $x = 1'\ 8''$.

On retranche 1′ 8″ de 6^h 7′ 19″, et l'on a 6^h 6′ 11″ pour l'heure du passage très-approchée.

Il faut observer que l'ascension droite du soleil augmente tous les jours, et que son complément à 360°, diminue de la même quantité.

Lever et coucher d'une Etoile. (Fig. 403.)

665. Soit *HO* l'horizon; *EQ* l'équateur; *Z* le zénit; *P* le pole du nord; *OZH* le méridien; *S* une étoile que l'on voit à l'horizon en *D*, vers l'orient, parce que la réfraction l'élève de 33 minutes.

Après avoir déterminé l'heure de son passage au méridien, on calcule son arc semi-diurne *EC* ou *BS* (642). On le réduit en temps, et on le retranche de l'instant du passage au méridien, pour avoir le moment du lever, tandis qu'on l'ajoute pour avoir celui du coucher.

Cet arc doit être converti en temps à raison d'une heure pour 15° 2′ 28″, parce qu'une étoile n'emploie que 23^h 56′ 4″ pour revenir au méridien, ou pour décrire 360 degrés.

Trouver l'heure par le moyen d'une Etoile. (Fig. 403.)

666. Je suppose qu'une étoile soit en *I* vers l'orient, et qu'elle réponde au point *M* de l'équateur.

Quand on a mesuré sa hauteur apparente *LN*, on en ôte *IN* ou la quantité dont la réfraction l'élève, et l'on a sa véritable hauteur *LI*. Ensuite, on cherche l'angle *IPZ*, afin d'avoir l'arc *EM* qui lui sert de mesure (642). On le réduit en temps à raison d'une heure pour 15° 2′ 28″, et on le retranche de l'heure du passage au méridien.

Si l'arc *EM* ou *BI* est de 30° 4′ 56″, l'étoile emploiera 2 heures pour le décrire ou pour arriver au méridien, et si elle y passe à

10 heures du soir, il est évident qu'elle se trouve en I à 8 heures.

On ajouteroit l'arc EM réduit en temps à l'heure du passage au méridien, si l'astre étoit du côté de l'occident.

CHAPITRE VII.

DE LA TERRE.

La terre est une planète qui nous paroît immobile au centre de la sphère céleste, quoiqu'elle ait un mouvement de rotation, et un autre sur la circonférence de l'écliptique.

La Terre est arrondie. (Fig. 406.)

667. 1°. Quand elle se trouve entre le soleil et la lune, elle intercepte les rayons de l'astre du jour, et forme sur cette planète une ombre circulaire.

2°. Si la surface de la terre étoit plane, comme $CT'D$, l'observateur qui est en D, verroit l'étoile E, par exemple, aussi bien que les habitans du point C, puisque le faisceau de lumière ED ne rencontreroit aucun obstacle dans l'intervalle qui sépare les deux points E et D; mais, lorsque nous passons de C en D, les étoiles E et G se dérobent à nos regards, et nous en apercevons de nouvelles. Il est donc évident que les rayons de lumière EF et GH, qui se dirigent vers le point D sont arrêtés par une portion de la terre CHF.

Longueur d'un degré terrestre. (Fig. 390.)

668. Soient F et G deux points de la surface du globe terrestre qui se trouvent sous le même méridien; C le centre; Z le zénit du point F, et H une étoile au zénit du point G.

Après avoir établi un quart de cercle en F, de manière que la lunette fixe soit bien verticale, on fait tourner l'autre jusqu'à ce qu'on découvre l'étoile H, et l'on a les degrés de l'arc ZH ou de l'arc FG, puisqu'ils sont renfermés entre les côtés d'un même angle ZCH,

On mesure ensuite la distance linéaire des points F et G; et l'on fait cette proportion ; le nombre des degrés de l'arc GF contient un degré, comme la longueur de GF contient celle d'un degré.

Il est vrai qu'on a mesuré l'angle ZFH qui est égal à la somme des angles H et C comme angle extérieur au triangle CHF; mais le rayon de la terre CF n'est qu'un point relativement à la distance énorme des étoiles ; l'angle CHF est insensible et nous avons $ZFH=ZCH$.

L'arc du méridien, compris entre Amiens et Paris, est de 1° $1'$ $13''$, et sa longueur est de 58233 toises. Ainsi, nous aurons celle d'un degré par le moyen de cette proportion; 1° $1'$ $13''$: 1° :: 58233^{t} : x, ou bien $3673''$: $3600''$ :: 58233^{t} : $x=57074$ toises.

La vingt-cinquième partie de cette quantité, forme une lieue moyenne qui est d'environ 2283 toises, de sorte que la longueur d'un degré est de 25 lieues.

Circonférence et rayon de la Terre.

669. Si la terre étoit parfaitement ronde, tous ses degrés seroient égaux, et nous aurions la longueur de sa circonférence, en multipliant 25 lieues par le nombre de ses degrés ou par 360, ce qui fait 9000 lieues.

Puisque la circonférence est au diamètre comme 22 est à 7, ou comme 3,14159 est à 1, nous aurons cette proportion, 3,14159 : 1 :: 9000 : $x=2865$ lieues. Il s'ensuit que le rayon de la terre, ou la moitié de son diamètre est de 1432 lieues $\frac{1}{2}$.

Mouvement diurne de la terre.

670. La terre emploie 23 heures 56 minutes 4 secondes à tourner sur elle-même d'occident en orient.

Pour qu'elle fût immobile au centre du monde, il faudroit que tous les astres fissent leur révolution autour de nous dans l'espace d'un jour. Ils seroient animés d'une vitesse qui effraie l'imagination la plus hardie; le soleil décriroit la circonférence d'un cercle

qui auroit un rayon de 34 millions de lieues, ce qui suppose une vitesse d'environ 2500 lieues par seconde. Celle des étoiles excéderoit 500 millions de lieues, puisque leur distance à la terre est au moins de 7 trillions de lieues (658).

La rotation du globe terrestre n'exige pas une grande vitesse, et les différens points de son équateur ne parcourent que 9000 lieues en 23 heures 56′ 4″, ou 238 toises par seconde. D'ailleurs, ce mouvement explique tous les phénomènes avec tant de simplicité, qu'on seroit forcé de l'admettre quand même il ne seroit pas bien démontré.

Mouvement annuel de la terre. (Fig. 401.)

671. La terre se meut encore autour du soleil, en allant d'occident en orient. Elle parcourt la circonférence de l'écliptique en 365 jours 6 heures 9 minutes 10 secondes.

Nous verrons que ce mouvement réduit les stations et rétrogradations des planètes à de simples apparences, tandis qu'elles sont inexplicables en supposant la terre en repos.

Son orbite est une ellipse $ABPD$, dont le soleil occupe le foyer F. On donne le nom de *périhélie* au point P qui est le plus près de cet astre; et le point A, qui en est le plus éloigné, se nomme *aphélie*. La terre passe en P durant l'hiver, et en A pendant l'été.

Cercles de la terre. (Fig. 407.)

672. L'axe de la terre est la droite PCR, autour de laquelle ce globe fait sa révolution diurne. Il est toujours parallèle à l'axe du monde, et ces deux lignes se terminent aux mêmes points du ciel (284). Ses deux extrémités R et P sont les poles de la terre. Ils ont pour zénit les deux poles de la sphère céleste.

On appelle équateur terrestre, ou ligne équinoxiale, un grand cercle qui est à égale distance des poles, et qui a la droite EQ pour diamètre. Ceux qui habitent l'équateur terrestre se trouvent

sous l'équateur céleste, parce que ces deux plans sont toujours parallèles, et répondent aux mêmes étoiles.

Les tropiques sont deux petits cercles *DF* et *GH* qui sont parallèles à l'équateur, et qui en sont éloignés de 23° 28′. Celui qui est dans l'hémisphère boréal *EPQ* se nomme tropique du cancer, tandis que l'autre est le tropique du capricorne.

Enfin, les cercles polaires sont deux petits cercles *AB* et *KI*, qui sont à 23° 28′ de l'un des poles.

Zones terrestres. (Fig. 407.)

673. On a divisé la surface du globe en cinq zones ou bandes circulaires, qui sont : la zone torride, les deux zones tempérées et les deux zones glaciales.

La *zone torride* est la partie comprise entre les deux tropiques *DF* et *GH*. On donne le nom de *zones tempérées* à celles qui sont entre l'un des tropiques et le cercle polaire du même hémisphère. L'une des *zones glaciales* s'étend depuis le cercle polaire arctique *AB*, jusqu'au pole du nord *P*; et l'autre depuis le cercle polaire antarctique *IK*, jusqu'au pole méridional *R*.

Antipodes et climats. (Fg. 407.)

674. Deux points *O* et *N* sont *antipodes* lorsqu'ils se trouvent aux extrémités d'une droite *OCN*, qui passe au centre de la terre. Si nous étions en *O*, nous aurions pour antipodes les habitans du point *N*, et leurs pieds seroient directement opposés aux nôtres. Cependant, ils n'auroient pas la tête en bas, puisqu'elle seroit dirigée vers le ciel, et que leur corps seroit attiré vers le centre du globe.

Les antipodes *O* et *N* ont le même horizon *LM*, et les astres se lèvent pour l'un de ces points, quand ils se couchent pour l'autre.

On appelle *climats* une partie de la terre comprise entre deux cercles parallèles à léquateur. C'est un climat d'heure, si le jour du soltice d'été est de 13 heures, par exemple, pour les

habitans du premier cercle, tandis qu'il est de 14 heures pour ceux du second.

Latitude géographique. (Fig. 391.)

675. La latitude d'un lieu sur la terre est l'arc du méridien qui sépare le zénit de l'équateur céleste.

Soit PR l'axe du monde; EB le diamètre de l'équateur; Z notre zénit et HO l'horizon.

Notre latitude est l'arc EZ, qui est égal à la hauteur du pole OP (608).

En effet, les arcs OZ et PE sont égaux, puisqu'il y a 90° du zénit à l'horizon et du pole à l'équateur, mais la partie PZ leur est commune. Les deux restes EZ et PO sont donc égaux.

Ceux qui se trouvent sous l'équateur céleste, ou sur l'équateur terrestre, n'ont point de latitude. Elle augmente depuis ce grand cercle jusqu'à l'un des poles, où elle est de 90 degrés. Les pays situés entre l'équateur et le pole du nord ont une latitude boréale, et les autres ont une latitude méridionale.

La latitude de Paris est de 48° 50′ 15″ à l'observatoire. Celle de Dijon est de 47° 20′.

Il est facile de la déterminer par le moyen d'une étoile K dont la déclinaison est connue. Après avoir mesuré la distance de cet astre au zénit ou l'arc ZK, on y ajoute la déclinaison EK, et l'on a l'arc EZ compris entre le zénit et l'équateur. Si l'étoile étoit en L dans l'hémisphère austral, sa distance au zénit seroit l'arc ZL, et l'on en retrancheroit la déclinaison EL, pour avoir EZ.

Longitude géographique.

676. La longitude est la distance du zénit au premier méridien. Ce grand cercle est arbitraire; et l'on est convenu de prendre le méridien de l'île de Fer, qui est la plus occidentale des îles Canaries. Il est à 19° 54′ du méridien de Paris vers l'occident; mais les géographes le placent ordinairement à 20 degrés.

Toutes les longitudes se comptent en allant d'occident en orient, depuis zéro jusqu'à 360 degrès. On les détermine aisément avec une montre dont la marche est bien régulière, et qui n'éprouve aucune variation.

Je suppose que vous ayez une montre de cette espèce à l'île de Fer, et qu'elle marque midi quand le soleil est au premier méridien. Si vous la portez à Paris, qui est vers l'orient, elle indiquera 10 heures 40 minutes lorsqu'on verra le soleil au méridien de cette ville. Ainsi, l'astre du jour se trouve au méridien de Paris une heure 20 minutes avant d'être à celui de l'île de Fer; mais il s'avance de 20 degrés vers l'occident pendant une heure 20 minutes, puisqu'il nous paroît décrire 15° en une heure, et 1° en 4 minutes (612), le méridien de Paris est donc à 20° de celui que l'on a choisi pour le premier.

On a donné le nom de *montres marines* à celles qui varient très-peu sur un vaisseau dans l'espace de plusieurs mois. Cette invention utile et mémorable n'est connue que depuis 1761. Le Parlement d'Angleterre avoit promis une somme de 400,000 francs à celui qui trouveroit une méthode simple et facile pour avoir la longitude sur mer. Harrison consacra plus de 30 ans à la solution de ce problême. Il construisit une montre qui fut embarquée pour la Jamaïque, et qui ne changea que d'une minute 54 secondes pendant 147 jours; mais l'épreuve ne parut point assez complète, et l'auteur n'obtint que la moitié de la récompense. Deux artistes français, MM. Le Roi et Berthoud, ont partagé la gloire de Harrison. Ils ont employé d'autres moyens pour arriver au même but, et leurs horloges ne varient que d'une ou deux minutes en six semaines.

Lorsqu'on est privé du secours des montres marines, on fait usage d'une éclipse de lune ou de celle d'un satellite de Jupiter. S'il est 8 heures à Paris quand elle commence, et qu'il soit 8 heures 56 minutes 10 secondes à Vienne en Autriche, il s'ensuit que les habitans de cette ville comptent 56′ 10″ de plus que ceux de la première, ou que le soleil passe au méridien de

Vienne 56′ 10″ avant d'être à celui de Paris; mais cet astre nous paroît avancer de 15° en une heure, et de 14° 2′ 30″ en 56′ 10″ de temps. Les deux méridiens sont donc éloignés de 14° 2′ 30″, et la longitude de Vienne est de 34° 2′ 30″.

Cette méthode n'est point usitée sur mer, où l'on ne peut observer les éclipses, à cause de l'agitation du vaisseau. Les navigateurs mesurent la distance apparente d'une étoile à la lune, pour en déduire la distance vraie, que je suppose de 3 degrés. Au même instant, ils prennent la hauteur de cette étoile, afin d'avoir l'heure qu'il est sur le vaisseau (666). Ensuite, ils cherchent, dans la Connoissance des temps, quelle heure on compte à Paris lorsque ces deux astres sont à 3 degrés l'un de l'autre. S'ils trouvent 7 heures du soir, par exemple, et qu'il soit 10 heures sur le vaisseau, ils en concluent que le soleil arrive à leur méridien 3 heures avant d'être à celui de Paris, ou que l'intervalle qui sépare ces deux grands cercles est de 45°.

La terre est applatie vers les poles.

677. Les variations de la pesanteur, et la différence qu'on observe entre les degrés d'un méridien, suffisent pour démontrer l'applatissement du globe terrestre.

On sait que les pendules (177), écartés de leur position verticale acquièrent, en tombant, une vîtesse capable de les porter à une hauteur égale à celle d'où ils sont partis. La rapidité de leur mouvement doit s'accroître avec la force qui les anime; et si la pesanteur étoit plus grande, ils acheveroient un plus grand nombre de vibrations en une minute. Or, un pendule fait, à l'équateur, moins d'oscillations que vers les poles. Il est donc moins attiré par la terre, quand il est sur l'équateur, et la circonférence de ce grand cercle est plus éloignée du centre que les poles.

En 1733, cette question étoit encore indécise à l'académie des sciences, qui résolut d'envoyer plusieurs de ses membres sous l'équateur et vers le pole du nord, afin d'y mesurer quelques

degrés du méridien. Les uns se rendirent à Tornéo, qui touche au cercle polaire, et les autres s'établirent à Quitto, près de l'équateur. Leurs talens et leur courage triomphèrent de tous les obstacles que la difficulté des lieux et l'excès de la chaleur ou du froid opposoient au succès de leur entreprise. MM. de Maupertuis, Lemonnier, Camus et Clairaut n'employèrent que 10 mois pour terminer leurs opérations; mais ceux qui étoient allés sous la zone torride, MM. de la Condamine, Bouguer et Godin, ne revinrent qu'après 8 ou 9 ans. Il résulte de leur travail, et de celui que l'on a fait en France, qu'un degré du méridien est de

56753 toises à l'équateur.
57023 toises à 45° de lattitude.
57419 toises au cercle polaire.

Ces différentes longueurs prouvent que les degrés du méridien augmentent depuis l'équateur jusqu'au pole, et que la terre n'est point exactement ronde. On peut la regarder comme un ellipsoïde, ou comme un solide engendré par la révolution d'une demi-ellipse qui tourneroit autour de l'un des axes. Si tous les méridiens étoient égaux à celui que MM. Méchain et Delambre ont déterminé en France, l'applatissement de la terre seroit de $\frac{1}{150}$, c'est à dire que le grand axe surpasseroit le petit, de la cent cinquantième partie.

Nouvelles Mesures.

678. L'uniformité des mesures établies dans la République, est un bienfait du Gouvernement. Le grand nombre de celles qui étoient en usage, et leurs divisions bizarres nuisoient au commerce ou favorisoient la fraude. On desiroit depuis longtemps un système qui rendît le calcul plus facile et dont la base fût invariable; celui que nous avons adopté réunit tous ces avantages.

Après avoir mesuré l'arc du méridien compris entre Barcelone et Dunkerque, on a fixé le quart de cette ellipse à 5,130,740 toises, et l'on a pris la dix millionième partie de cette longueur

Soit *HO* l'horizon; *C* l'œil de l'observateur; *Z* son zénit; *OZH* le méridien, et *K* la lune.

Après avoir pris sa hauteur méridienne *HK*, on en retranche la hauteur de l'équateur *EH* (609) et l'on a la déclinaison boréale *EK*.

Si la lune étoit en *L* dans l'hémisphère méridional, on ôteroit sa hauteur méridienne *HL* de la hauteur de l'équateur *EH*, pour avoir la déclinaison australe *EL*.

Ascension droite. (Fig. 405.)

691. C'est l'arc de l'équateur compris entre l'équinoxe du printemps et le point auquel répond la lune.

Soit *ABDE* l'équateur; *AKE* l'écliptique; *A* l'équinoxe du printemps; *P* le pole du nord qui est au-dessus du plan de la figure; *C* une étoile qui est au méridien *PCD*, et *I* la lune qui répond au point *G*.

On observe le temps qui s'écoule depuis le passage de l'étoile au méridien, jusqu'à celui de la lune; et si l'on compte deux heures, par exemple, on en conclut que l'arc *DG* est de 30 degrés, puisqu'on voit passer 15° de l'équateur au méridien pendant une heure. Mais on connoît l'arc *ABD* qui est l'ascension droite de l'étoile (652). On aura donc celle de la lune ou l'arc *ABDG*.

CHAPITRE IX.

DES PLANÈTES.

692. Les planètes sont des astres opaques qui font leur révolution autour du Soleil, en allant d'occident en orient.

Celles que l'on connoît sont au nombre de neuf: Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Cérès ou Piazzi, Pallas ou Olbers, Jupiter, Saturne, Uranus ou Herschel.

Mercure et Vénus reçoivent le nom de *planètes inférieures*,

parce que leur distance au Soleil est moindre que celle de la terre. Les autres sont des *planètes supérieures*, et leurs orbites enveloppent celle du globe terrestre.

Longitude des Planètes. (Fig. 411.)

693. La longitude d'une planète est sa distance à l'équinoxe du printemps, mesurée sur l'écliptique ou sur son orbite.

On distingue la longitude héliocentrique et la longitude géocentrique. La première est celle que nous verrions si nous étions au Soleil, et la seconde est celle que nous apercevons. Elles se comptent d'occident en orient ; depuis zéro jusqu'à 360 degrés.

Soit S le Soleil ; TEQ l'écliptique ou l'orbite de la Terre ; GB celle d'une planète ; ACD la trace de l'écliptique dans le ciel étoilé ; A l'équinoxe du printemps ; T la Terre, et B la planète.

Un observateur en S la rapporteroit au point C de la sphère céleste, et sa longitude héliocentrique est l'arc AKC, tandis que sa longitude géocentrique est l'arc AKD parce que cette planète vue de la Terre, répond au point D.

On donne le nom de parallaxe annuelle à l'angle CBD qui est la différence entre les deux longitudes.

Latitude des planètes. (Fig. 405.)

694. La latitude d'une planète est sa distance à l'écliptique ; mesurée par un arc perpendiculaire à ce grand cercle.

Soit $ANKE$ l'écliptique ; $ABDE$ l'équateur ; Q le pole du premier cercle ; P celui du second ; A l'équinoxe du printemps, et M une planète que l'on rapporte au point N de l'écliptique.

L'arc MN est sa latitude, et l'arc AN est sa longitude. Sa déclinaison ou sa distance à l'équateur est l'arc BM, tandis que son ascension droite est AB.

Conjonctions et Oppositions. (Fig. 411.)

695. Une planète est en conjonction avec le Soleil, quand ces deux astres ont la même longitude géocentrique.

Lumière cendrée. (Fig. 408.)

681. C'est une lumière foible que l'on observe sur la face obscure de la lune, quelques jours avant et après la conjonction.

La terre réfléchit beaucoup de rayons solaires, et ceux qui tombent sur la lune, suffisent pour la rendre visible, quand elle est à quelques degrés du point *F*. On la verroit même en *F*, si l'impression de cette lumière n'étoit effacée par l'éclat du soleil que l'on aperçoit en même temps.

Le croissant lumineux paroît avoir un diamètre plus grand que le disque obscur de la lune. C'est l'effet d'une lumière forte à côté d'une autre qui est foible; la première augmente l'image de l'objet en se dispersant dans l'œil.

Cycle de 19 *ans.*

682. C'est une période qui ramène les nouvelles lunes aux mêmes jours de l'année solaire. Elle renferme 235 lunaisons complètes qui sont de $6939^j\ 16^h\ 31'$, tandis que les 19 années solaires contiennent $6939^j\ 14^h\ 25'$, et la différence n'excède pas 2 heures 6 minutes.

Méton proposa cette période aux jeux olympiques, vers l'an 432 avant Jésus-Christ. Elle fut reçue avec un applaudissement général, et les Grecs lui donnèrent le nom de cycle d'or, pour indiquer son utilité.

Le nombre d'or est celui qui marque l'année du cycle lunaire.

Rotation de la Lune. (Fig. 409.)

683. En observant le disque lunaire qui est couvert de taches, hérissé d'aspérités, et silloné de profondeurs; on a reconnu que cet astre nous présente constamment la même face à peu près. Ce phénomène démontre que la lune tourne sur elle-même, et que la durée de sa rotation est égale à celle de sa révolution, qui s'achève en 27 jours 7 heures 43 minutes.

En effet, soit *T* la terre et *G* la lune, qui nous offre l'hémis-

phère *ABC*. Cette planète se trouve en *H* après 14 jours, et nous devrions apercevoir la face *ADC*; mais nous voyons toujours *ABC*. La lune a donc tourné sur elle-même de la quantité *ABC* ou de 180 degrés.

L'axe de la lune est la droite autour de laquelle ce globe fait sa révolution. Ses deux extrémités reçoivent le nom de poles, et l'équateur lunaire est un grand cercle qui est à 90° de chacun d'eux. Il est incliné sur l'écliptique d'environ 1° 43′.

Montagnes de la Lune.

684. On remarque, à la surface de la lune, des éminences qui ressemblent aux montagnes de la terre. Ces parties saillantes projettent derrière elles une ombre très-sensible qui se termine ordinairement en pointe, et qui change de place avec l'astre du jour. Les télescopes nous découvrent encore sur le disque lunaire des cavités obscures que l'on compare à des mers ou bien à des lacs. On croit même y observer les traces de quelques éruptions volcaniques.

Orbite de la Lune. (Fig. 410.)

685. La lune se meut sur une ellipse *BDAC* dont la terre *T* occupe le foyer, et son orbite accompagne notre globe qui décrit une autre ellipse *PTH* autour du soleil *S*.

On donne le nom de *périgée* au point *B* qui est le plus près de la terre. Le point *A*, qui en est le plus éloigné, se nomme *apogée* et la droite *AB* est le grand axe. Cette ligne est animée d'un mouvement assez rapide, et l'apogée n'emploie que 8 années communes et 312 jours pour faire le tour du ciel, en allant d'occident en orient. Il avance de 6′ 41″ en 24 heures; sa longitude ou sa distance à l'équinoxe du printemps, comptée sur l'écliptique, étoit en 1750 de 5 signes 20 degrés 56 minutes.

L'orbite lunaire coupe le plan de l'écliptique aux deux points *C* et *D* qui sont *les nœuds*. Elle est inclinée sur ce plan d'environ 5°, de manière que la partie *CAD* se trouve au-dessus, tandis

que l'autre *CBD* est au-dessous ; cet angle varie depuis 4° 5′ jusqu'à 5° 18′.

Les nœuds de la lune ont un mouvement rétrograde qui les porte d'orient en occident. Ils parcourent 3′ 11″ par jour, et 360 degrés en 18 années communes et 228 jours. En 1750, la longitude du nœud ascendant étoit de 9 signes 10 degrés 19 minutes.

Si le mouvement de la lune étoit uniforme, elle décriroit environ 13° 11′ en 24 heures, et l'on détermineroit sa longitude avec la plus grande facilité ; mais sa vîtesse est sujète à des variations nombreuses qui rendent son orbite fort irrégulière. Cette planète, attirée par la terre, obéit en même temps à l'action du soleil qui la force de quitter sa route primitive. Il en résulte une courbe très-difficile à suivre dans l'espace, et qui exige toutes les ressources de l'analyse et du génie. Le citoyen Laplace nous a donné la solution de ce fameux problême dans son traité de mécanique céleste ; cet illustre géomètre a non seulement expliqué les inégalités de la lune ; mais il en a découvert de nouvelles, et nous a fourni les moyens de calculer sa position avec une exactitude étonnante.

Diamètre apparent de la Lune. (Fig. 398.)

686. Le plus petit diamètre apparent de la lune, est de 29′ 22″ à peu près, et le plus grand est de 33′ 31″.

On appelle diamètre horizontal, celui qu'on aperçoit, quand la lune est à l'horizon, au point *L* par exemple. Il augmente à mesure qu'elle s'approche du zénit, et nous le voyons sous un angle plus grand lorsqu'elle est en *M*, parce que la distance *AM* est moindre que *AL*.

Parallaxe horizontale. (Fig. 398.)

687. C'est la différence entre le point du ciel où nous voyons la lune quand elle est à l'horizon, et celui auquel nous la rapporterions, si nous étions au centre de la terre.

Soit *A* l'œil de l'observateur ; *Z* son zénit; *AG* l'horizon ; *C* le centre du globe terrestre, et supposons que la lune se trouve en *L*.

Il est évident que la parallaxe horizontale est l'angle *GLF* ou *ALC* (628). On la détermineroit facilement avec deux observateurs *A* et *O*, qui auroient le même méridien *ZEG* et qui seroient placés de manière que le premier vît la lune à l'horizon, tandis que le second l'apercevroit à son zénit *F*.

Si nous imaginons la droite *CK* perpendiculaire sur *AC*, les angles *LCH* et *CLA* seront égaux, comme alternes internes formés par les parallèles *AL* et *CH*; mais l'angle *LCH* a pour mesure l'arc *FK* complément de l'arc *ZF* qui sépare les deux zénits. On a donc l'angle *CLA* ou la parallaxe horizontale de la lune.

Elle varie depuis 54′ jusqu'à 61′, parce qu'elle diminue à mesure que la distance augmente.

Distance à la Terre.

688. La distance à la terre est la droite *CL* qu'il est aisé de calculer dans le triangle *ACL*, où l'on connoît l'angle droit *A*, l'angle *ALC* qui est la parallaxe horizontale, et le rayon de la terre *AC* de 1432 lieues et demie.

On trouve que la distance moyenne de la lune est d'environ 85782 lieues.

Diamètre vrai. (Fig. 399.)

689. Si nous supposons que le centre de la lune soit en *S*, et l'œil de l'observateur en *B*; le diamètre vrai sera la droite *AC* qui est donnée par le triangle *ABC*, dans lequel on a l'angle *C* de 90 degrés, le côté *BC* de 85782 lieues, et l'angle *B* ou le diamètre apparent moyen de 31′ 26″.

Ce diamètre est de 782 lieues, tandis que celui de la terre est d'environ 2865. Il s'ensuit que le volume de la lune est la quarante-neuvième partie de celui du globe terrestre, puisque deux sphères sont entr'elles comme les cubes de leurs diamètres.

Déclinaison de la Lune. (Fig. 391.)

690. La déclinaison de la lune est sa distance à l'équateur, mesurée par un arc qui passe aux poles et au centre de l'astre.

Soit *HO* l'horizon; *C* l'œil de l'observateur; *Z* son zénit; *OZH* le méridien, et *K* la lune.

Après avoir pris sa hauteur méridienne *HK*, on en retranche la hauteur de l'équateur *EH* (609) et l'on a la déclinaison boréale *EK*.

Si la lune étoit en *L* dans l'hémisphère méridional, on ôteroit sa hauteur méridienne *HL* de la hauteur de l'équateur *EH*, pour avoir la déclinaison australe *EL*.

Ascension droite. (Fig. 405.)

691. C'est l'arc de l'équateur compris entre l'équinoxe du printemps et le point auquel répond la lune.

Soit *ABDE* l'équateur; *AKE* l'écliptique; *A* l'équinoxe du printemps; *P* le pole du nord qui est au-dessus du plan de la figure; *C* une étoile qui est au méridien *PCD*, et *I* la lune qui répond au point *G*.

On observe le temps qui s'écoule depuis le passage de l'étoile au méridien, jusqu'à celui de la lune; et si l'on compte deux heures, par exemple, on en conclut que l'arc *DG* est de 30 degrés, puisqu'on voit passer 15° de l'équateur au méridien pendant une heure. Mais on connoît l'arc *ABD* qui est l'ascension droite de l'étoile (652). On aura donc celle de la lune ou l'arc *ABDG*.

CHAPITRE IX.

DES PLANÈTES.

692. Les planètes sont des astres opaques qui font leur révolution autour du Soleil, en allant d'occident en orient.

Celles que l'on connoît sont au nombre de neuf: Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Cérès ou Piazzi, Pallas ou Olbers, Jupiter, Saturne, Uranus ou Herschel.

Mercure et Vénus reçoivent le nom de *planètes inférieures*,

parce que leur distance au Soleil est moindre que celle de la terre. Les autres sont des *planètes supérieures*, et leurs orbites enveloppent celle du globe terrestre.

Longitude des Planètes. (Fig. 411.)

693. La longitude d'une planète est sa distance à l'équinoxe du printemps, mesurée sur l'écliptique ou sur son orbite.

On distingue la longitude héliocentrique et la longitude géocentrique. La première est celle que nous verrions si nous étions au Soleil, et la seconde est celle que nous apercevons. Elles se comptent d'occident en orient ; depuis zéro jusqu'à 360 degrés.

Soit S le Soleil ; TEQ l'écliptique ou l'orbite de la Terre ; GB celle d'une planète ; ACD la trace de l'écliptique dans le ciel étoilé ; A l'équinoxe du printemps ; T la Terre, et B la planète.

Un observateur en S la rapporteroit au point C de la sphère céleste, et sa longitude héliocentrique est l'arc AKC, tandis que sa longitude géocentrique est l'arc AKD parce que cette planète vue de la Terre, répond au point D.

On donne le nom de parallaxe annuelle à l'angle CBD qui est la différence entre les deux longitudes.

Latitude des planètes. (Fig. 405.)

694. La latitude d'une planète est sa distance à l'écliptique ; mesurée par un arc perpendiculaire à ce grand cercle.

Soit $ANKE$ l'écliptique ; $ABDE$ l'équateur ; Q le pole du premier cercle ; P celui du second ; A l'équinoxe du printemps, et M une planète que l'on rapporte au point N de l'écliptique.

L'arc MN est sa latitude, et l'arc AN est sa longitude. Sa déclinaison ou sa distance à l'équateur est l'arc BM, tandis que son ascension droite est AB.

Conjonctions et Oppositions. (Fig. 411.)

695. Une planète est en conjonction avec le Soleil, quand ces deux astres ont la même longitude géocentrique.

Si la Terre étoit en L, et Mars en B, il seroit en conjonction, et sa longitude AKC seroit égale à celle du Soleil qui se trouveroit entre nous et la planète.

On dit qu'une planète est en opposition avec le Soleil, toutes les fois qu'on rapporte ces deux astres à des points du ciel qui sont à 180 degrés l'un de l'autre.

Mars seroit en opposition s'il étoit en M quand la Terre est en L, puisqu'on le verroit en N, tandis que le Soleil répondroit au point C.

Vénus et Mercure ne sont jamais en opposition; mais on y remarque deux conjonctions, l'une inférieure et l'autre supérieure. La première existe quand la planète se trouve entre la Terre et le Soleil, comme si nous étions en M et Vénus en L. Il y auroit conjonction supérieure, si la Terre étoit en M et Vénus en E.

Stations et rétrogradations.

696. Lorsqu'on observe la longitude géocentrique d'une planète, pendant sa révolution autour du Soleil, il est facile de s'apercevoir que son mouvement éprouve des variations singulières.

Il y a des temps où la planète s'avance d'occident en orient; sa longitude augmente chaque jour d'une quantité plus ou moins grande, et l'on dit qu'elle est *directe*.

Quelque temps après, elle est *stationnaire*, c'est à dire qu'elle nous paroit immobile et que sa longitude géocentrique est constante. Enfin, elle devient *retrograde*, et nous la voyons aller d'orient en occident.

Orbite des planètes. (Fig. 401.)

697. Chaque planète décrit une ellipse dont le Soleil occupe le foyer F.

Le point A, qui est le plus éloigné du Soleil F, reçoit le nom d'*aphélie*, et le point P qui en est le plus près, se nomme *périhélie*. On observe que la vîtesse de la planète est plus grande en P qu'en A.

Le grand axe AP n'est point immobile, il tourne autour du point F, et l'aphélie A s'avance d'occident en orient.

On remarque aussi que les orbites des planètes sont inclinées sur l'écliptique, et qu'elles forment avec ce plan des angles plus ou moins grands.

Les *nœuds* sont les deux points où l'orbite d'une planète rencontre l'écliptique, et la droite qui réunit ces deux points est la *ligne des nœuds*. Elle est animée d'un mouvement rétrograde qui la porte d'orient en occident.

Si le point G répond à l'équinoxe du printemps, et que la planète soit en H, sa longitude héliocentrique vraie, sera l'angle GFH, qui n'augmente pas tous les jours de la même quantité.

La longitude moyenne est celle qui auroit lieu, si la vitesse de l'astre étoit invariable. Elle est égale à la longitude vraie, quand il se trouve en A ou en P.

Lois de Képler. (Fig. 401.)

698. On appelle ainsi trois vérités fondamentales qui servent de base au calcul du mouvement des planètes, et que l'on doit à Képler, né dans le pays de Wirtemberg, en 1571.

1°. Les orbites des planètes sont des ellipses dont le Soleil occupe un foyer.

2°. Les surfaces décrites par le rayon vecteur, sont proportionelles aux temps. Si le secteur AFL est la moitié du secteur AFH, et que la planète emploie 40 jours pour aller de A en H, elle arrivera en L 20 jours après avoir quitté le point A.

3°. Les quarrés des temps des révolutions, sont entr'eux comme les cubes des distances au Soleil.

Mars emploie 687 jours à faire sa révolution, et celle de la Terre est d'environ 365 jours, tandis que sa distance moyenne est de 34 millions de lieues à peu près. Nous aurons celle de Mars, en faisant cette proportion ; le quarré de 365, est contenu dans celui

de 687, comme le cube de 34 millions est contenu dans le cube de la distance de Mars au soleil.

Elémens de l'orbite.

699. Les élémens d'une planète sont les quantités dont on a besoin pour calculer sa position dans le ciel. Il y en a sept que l'astronomie nous apprend à déterminer :

1°. La durée de la révolution sidérale, ou le temps qui s'écoule pendant que la planète décrit 360° ;

2°. Le demi-grand axe de l'orbite, ou la distance moyenne de la planète au soleil ;

3°. L'excentricité, ou la partie du grand axe qui est comprise entre le centre et le foyer ;

4°. La longitude héliocentrique de l'aphélie ou du périhélie ;

5°. La longitude moyenne de la planète à une époque déterminée ;

6°. La longitude du nœud ascendant, qui est le point où l'orbite coupe l'écliptique, pour s'élever au-dessus vers le nord ;

7°. L'inclinaison de l'orbite sur l'écliptique, ou l'angle formé par ces deux plans.

Révolutions sidérales.

Mercure		87^j	23^h	15$'$	43$''$
Vénus		224	16	49	10
La Terre		365	6	9	11
Mars	un an	321	23	30	35
Cérès	quatre ans	220			
Pallas	quatre ans	243			
Jupiter	onze ans	317	14	27	11
Saturne	vingt-neuf ans	174	1	51	11
Uranus	quatre-vingt-quatre ans à peu près.				

Distances moyennes.

Mercure	13	456	204	lieues
Vénus	25	144	250	

La Terre.	34	761	680	lieues
Mars	52	966	122	
Cérès	95	028	000	
Pallas	95	890	000	
Jupiter	180	794	791	
Saturne	331	604	504	
Uranus	663	315	425	

Distances moyennes en représentant celle de la terre par 100000.

Mercure.	38 710
Vénus	72 333
La Terre	100 000
Mars	152 369
Cérès	276 572
Pallas	279 100
Jupiter	520 279
Saturne	954 072
Uranus	1908 180

Excentricités.

Mercure	7 955
Vénus	498
La Terre.	1 681
Mars.	14 183
Cérès	7 570
Pallas	24 630
Jupiter.	25 013
Saturne	53 640
Uranus	90 804

Longitude de l'aphélie.

Mercure, en 1750	8 signes	13°	33′	58″
Vénus	10	7	46	42
La Terre	3	8	38	4

Mars	5 signes	1°	28′	14″
Cérès, en 1802	10	26	33	37
Pallas, en 1802	10	2	3	
Jupiter, en 1750	6	10	21	4
Saturne	8	28	9	7
Uranus, en 1784	11	17	6	44

Mouvement annuel de l'aphélie.

Mercure	56″	9‴
Vénus	48	53
La Terre	63	65
Mars	65	90
Jupiter	56	83
Saturne	66	24
Uranus	52	80

Epoque de la longitude moyenne.

Mercure, en 1750	8	13°	11′	15″
Vénus	1	16	20	48
Le Soleil	9	10	0	36
Mars	0	21	58	47
Cérès, en 1802	5	5	23	59
Pallas, en 1802	4	23	50	
Jupiter, en 1750	0	3	42	29
Saturne	7	21	20	22
Uranus, en 1784	3	14	43	18

Mouvement diurne des planètes.

Mercure	4°	5′	33″
Vénus	1	36	8
La Terre		59	8
Mars		31	27
Cérès		12	51
Pallas		12	41

Jupiter			4′	59″
Saturne			2	1
Uranus				43

Longitude du nœud.

Mercure, en 1750	1 signe	15°	20′	43″
Vénus	2	14	26	18
Mars	1	17	38	38
Cérès, en 1802	2	21	2	30
Pallas, en 1802	5	22	28	
Jupiter, en 1750	3	7	55	32
Saturne	3	21	32	22
Uranus	3	12	33	31

Mouvement annuel et rétrograde du nœud.

Mercure		7″
Vénus	29	2
Mars	22	2
Jupiter	14	5
Saturne	16	9
Uranus	15	7

Inclinaison de l'orbite.

Mercure, en 1780	7°		
Vénus	3	23′	35″
Mars	1	51	
Cérès, en 1802	10	37	5
Pallas	34	50	40
Jupiter, en 1780	1	18	56
Saturne	2	29	50
Uranus		46	20

Diamètres apparens.

Mercure	12″
Vénus	57

Mars	$27''$.
Cérès	$\frac{1}{2}$ à peu près.
Pallas	$\frac{1}{2}$.
Jupiter	40
Saturne	18
Uranus	4

Diamètres en lieues.

Mercure	1166
Vénus	2748
La Terre	2865
Mars	1490
Cérès	290
Pallas	100
Jupiter	31111
Saturne	28594
Uranus	12410

Les diamètres de Cérès et de Pallas ne sont pas encore bien déterminés.

CHAPITRE X.

DES SATELLITES, OU PLANÈTES SECONDAIRES.

706. On donne le nom de satellites à des astres opaques qui tournent autour d'une planète primitive. La Terre n'a qu'un satellite, qui est la Lune ; Jupiter en a quatre ; Saturne en a sept, et Uranus en a six.

Le premier satellite est celui qui se trouve le plus près de la planète ; les autres suivent le même ordre pour leur dénomination. Ils vont d'occident en orient, et leurs orbites sont plus ou

moins inclinées sur celle de la planète qui les entraîne avec elle. On ne peut les apercevoir sans le secours d'un télescope.

Révolutions sidérales.

C'est le temps que les satellites emploient à décrire 360° autour de leur planète primitive.

Satellites de Jupiter.

Premier	1 jour	18 heures	27′	33″
Second	3	13	13	41
Troisième	7	3	42	52
Quatrième	16	16	32	8

Satellites de Saturne.

Premier	0j	22h	41′	5″
Second	1	8	53	9
Troisième	1	21	18	26
Quatrième	2	17	44	51
Cinquième	4	12	25	11
Sixième	15	22	41	13
Septième	79	7	53	43

Satellites d'Uranus.

Premier	5j	21h	25′	2″
Second	8	16	57	4
Troisième	10	23	3	6
Quatrième	13	10	56	5
Cinquième	38	1	48	0
Sixième	107	16	39	56

Distances au centre de la planète.

En supposant que le demi-diamètre de la planète soit représenté par l'unité, on a les distances qui suivent :

Satellites de Jupiter.

Premier	5697

Second.	9066
Troisième.	14462
Quatrième.	25436

Satellites de Saturne.

Premier	3080
Second.	3952
Troisième.	4893
Quatrième.	6268
Cinquième.	8754
Sixième.	20295
Septième	59156

Satellites d'Uranus.

Premier	13120
Second.	17022
Troisième.	19845
Quatrième.	22752
Cinquième.	45507
Sixième.	91008

Distances en minutes et secondes.

Il s'agit de l'intervalle qui se trouve entre un satellite et sa planète primitive.

Satellites de Jupiter.

Premier	1′	51″
Second	2	57
Troisième	4	42
Quatrième.	8	16

Satellites de Saturne.

Premier	0′	27″
Second	0	35
Troisième	0	43
Quatrième	0	56

Cinquième.	1′	18″
Sixième.	3	
Septième.	8	42

Satellites d'Uranus.

Premier	25″
Second.	33
Troisième.	38
Quatrième.	44
Cinquième.	88
Sixième.	176

CHAPITRE XI.

DE L'ANNEAU DE SATURNE, ET DES COMÈTES.

701. L'ANNEAU de Saturne *ABC* (Fig. 412) est une couronne large et mince qui environne cette planète, et qui laisse un espace vide entre les deux corps.

Il est opaque et nous réfléchit la lumière du Soleil qui l'éclaire. Son diamètre est à celui de Saturne, comme 7 est à 3; il nous paroît ovale, quoiqu'il soit rond, parce qu'il est incliné sur l'écliptique d'environ 31° 20′. On observe qu'il est toujours parallèle à lui-même, ou que son plan répond toujours aux mêmes points du ciel.

Cette espèce de couronne devient invisible après avoir diminué par degrés, et Saturne est rond comme les autres planètes. Mais l'anneau se montre bientôt sous la forme d'un trait de lumière; il acquiert plus de largeur, et revient à ses premières dimensions.

Il disparoît, 1°. lorsque son bord est tourné vers le Soleil; 2°. quand il est dirigé vers la Terre; 3°. toutes les fois que son prolongement se trouve entre la Terre et le Soleil.

Soit *S* le Soleil (Fig. 413.) ; *PQRT* l'orbite de la Terre ; *IHO* celle de Saturne ; *BAD* une moitié de l'anneau qui est au-dessus du plan de l'écliptique, tandis que l'autre, *BCD*, est au-dessous.

Les rayons du Soleil tombent sur le bord *ABC*, qui a très-peu d'épaisseur, et qui ne réfléchit point assez de lumière pour qu'on puisse l'apercevoir.

Ce phénomène sera encore le même, si la Terre est en *P* et la planète en *I*, parce que nous regarderons le bord *EFG* de l'anneau, qui ne renvoie qu'une petite quantité de rayons. Il s'approchera du point *H*, pendant que nous décrirons l'arc *PQR*, et nos regards se dirigeront vers la face obscure.

Quand il est en *K*, c'est la partie *OML* qui est au-dessus du plan de l'écliptique, et la face éclairée par le Soleil est tournée du côté de la Terre, qui en découvre une portion plus ou moins grande.

La largeur de l'anneau est de 6″, et le diamètre apparent de Saturne est de 18″ ; mais le diamètre vrai de cette planète est de 28594 lieues. Nous aurons donc 9533 lieues pour la largeur de l'anneau, qui en est le tiers.

Comètes.

702. Les comètes sont des astres opaques qui décrivent, autour du soleil, des ellipses très-alongées et fort excentriques.

Il y en a qui se meuvent d'occident en orient, comme les planètes ; d'autres vont d'orient en occident, et même du nord au midi, ou dans un sens contraire.

L'inclinaison de leur orbite sur le plan de l'écliptique varie depuis zéro jusqu'à 90 degrés.

Elles ne sont visibles qu'en approchant du périhélie, ou de leur moindre distance au soleil. L'aphélie est si éloigné de la terre, qu'il est impossible de les y apercevoir. Après avoir brillé d'un éclat plus ou moins vif pendant quelques semaines ou quelques mois, elles se plongent dans l'immensité du Ciel, qui les dérobe à nos regards pour une longue suite d'années.

La plupart des comètes sont entourées de longs filets de lumière, qui portent le nom de *chevelure* ou de *queue*. On attribue ce phénomène aux parties que la chaleur du soleil a réduites en vapeurs, et qui sont assez denses pour réfléchir la lumière. Cependant, il y a des physiciens qui pensent que cette matière lumineuse est une portion de l'atmosphère solaire, que la comète entraîne avec elle. On n'a point vu de queue plus grande que celle de la comète de 1680, parce qu'elle passa très-près du soleil. Elle en fut 166 fois moins éloignée que la terre, et Newton prétend qu'elle éprouva une chaleur 2000 fois plus forte que celle du fer rouge.

Le mouvement des comètes est soumis aux lois qui règlent celui des planètes, et l'analyse ne demande que trois observations pour déterminer la position de l'orbite qu'elles décrivent lorsqu'on les aperçoit; celles que les astronomes ont observées et calculées sont déjà au nombre de 94.

CHAPITRE XII.

EXPLICATION DES PHÉNOMÈNES QUI DÉPENDENT DU MOUVEMENT DE LA TERRE.

Les principaux sont : le mouvement diurne de la sphère céleste; le mouvement annuel du soleil; la différence entre le jour sidéral et le jour solaire; la variété des saisons; l'inégalité des jours et des nuits; les stations et rétrogradations des planètes, et les éclipses.

Mouvement diurne du ciel. (Fig. 414.)

703. Il suffit que la terre fasse une révolution sur elle-même, d'occident en orient, pour que chacun des astres nous paroisse décrire une circonférence d'orient en occident.

Soit *ABFK* le ciel étoilé, et *DEGH* le globe terrestre, qui

tourne autour de son centre C, en allant d'occident en orient.

Ceux qui sont en G ont leur zénit en F; la droite BK est le diamètre de leur horison, et l'étoile B se lève pour eux lorsqu'elle est à 90° de leur zénit vers l'orient.

Six heures après, ils se trouvent sous le point B, et l'étoile est à leur zénit; mais ils se persuadent qu'ils sont immobiles en G. Ils croiront donc que l'astre s'est avancé de B en F, ou d'orient en occident.

Quand la terre a fait une demi-révolution, les habitans du point G ont leur zénit en A. Ils voient l'étoile B à l'horizon vers l'occident, et c'est l'instant du coucher de cet astre qui leur paroît avoir décrit 180 degrés en 12 heures.

Mouvement annuel du Soleil. (Fig. 414.)

704. Cette apparence vient du mouvement de la terre, qui parcourt l'écliptique dans l'espace de 365 jours 6 heures à peu près, en allant d'occident en orient.

Supposons que le soleil soit en C, que la circonférence $GEDH$ soit l'orbite de la terre, et que $BAKF$ soit le ciel étoilé.

Nous voyons le soleil au point F de la sphère céleste, quand la terre est en D. Trois mois après, elle se trouve en H, et nous rapportons l'astre du jour au point B. Il répond au point A lorsque nous sommes en G, et nous l'apercevons en K dès que la terre arrive en E; mais nous croyons être immobiles au centre du monde. Nous imaginerons donc que le soleil a décrit la circonférence $FBAK$ en avançant d'occident en orient.

Le jour solaire est plus long que le jour sidéral. (Fig. 415.)

705. Soit GHA le ciel étoilé; BDF l'écliptique; B la terre, et C un point de la surface qui a le soleil S à son zénit avec l'étoile Z.

Le globe terrestre passe en D, par exemple, dans l'espace de $23^h\ 56'\ 4''$, et le point C décrit une circonférence en tournant d'occident en orient, de manière qu'il est sur la droite AD, qui se termine à la même étoile Z, parce que les deux lignes CZ

et DA sont parallèles (284). Un observateur C voit cet astre à son zénit, et le jour sidéral est écoulé. Mais le point C n'est pas encore sous le soleil S, ou sur la droite SD. Il n'y arrivera qu'après avoir parcouru l'arc EC, ou l'angle EDC égal à l'angle BSD, qui est d'environ un degré.

Ces deux angles sont égaux comme alternes et internes formés par les parallèles AD, ZC et la sécante SD.

Différentes causes de la chaleur. (Fig. 401.)

706. La terre se meut sur une ellipse dont le soleil occupe le foyer F. Elle se trouve en P vers le 12 nivose, et en A le 12 messidor. Sa distance au soleil est plus grande en été qu'en hiver de 1,171,468 lieues, à peu près. Il s'ensuit que les chaleurs de la première saison ne viennent pas de la proximité du soleil, et qu'il faut les attribuer à d'autres causes.

1°. Les jours d'été sont plus longs que les nuits, et le soleil a plus de temps pour échauffer la terre.

2°. Ses rayons sont presque perpendiculaires à l'horizon. Ils ont alors moins d'air à traverser, et la surface du globe en reçoit un plus grand nombre. D'ailleurs, ils frappent les corps plus fortement, et les pénètrent avec plus de facilité.

La chaleur qu'on éprouve dans un lieu particulier dépend aussi de la nature du sol, de sa hauteur, et des objets environnans, qui sont plus ou moins capables de renvoyer les rayons solaires. On observe que le Canada est plus froid que la France, quoiqu'il ait même latitude, parce qu'il est plus couvert de bois et de marais, qui s'échauffent moins que les rochers et les terres. Il y a, sous la zone torride, des montagnes qui sont toujours couronnées de neige. Leur sommet disperse les rayons du soleil comme un miroir convexe. Ils se répandent aisément dans une masse d'air qui est moins dense qu'au fond des vallées, et nous devons en conclure que les rayons réfléchis influent beaucoup sur la chaleur.

Variété des saisons. (Fig. 416.)

707. Nous avons, en Europe, quatre saisons différentes. L'hiver commence quand la distance du soleil au zénit est la plus grande possible. On est au premier jour d'été lorsqu'elle est la plus petite, et nous avons le printemps ou l'automne dès qu'elle se trouve entre ces deux extrêmes.

Soit *BSD* le diamètre de l'écliptique; *AO* celui de l'équateur céleste *ALOM*, ou la commune intersection de ces deux grands cercles; *S* le soleil; *A* l'équinoxe du printemps; *O* celui d'automne; *B* le point où est la terre vers le premier nivose; *GH* son équateur, qui est toujours parallèle à l'équateur céleste, et qui fait, avec l'écliptique, un angle *GBI* de 23° 28′; *IK* le tropique du capricorne; *EF* celui du cancer; *PR* l'axe du globe terrestre, qui est toujours parallèle à l'axe du monde; *P* le pole du nord; *R* celui du midi.

L'axe *PR* est relevé sur le plan de l'écliptique, de manière que sa moitié *PB* est au-dessus de ce grand cercle, tandis que l'autre, *BR*, est au-dessous.

Ceux qui sont en *I* voient le soleil à leur zénit sur la verticale *BIS*; mais la circonférence entière du petit cercle *IK* passe en *I* dans l'espace de 24 heures. Tous les pays situés sur le tropique du capricorne ont donc le soleil à leur zénit. L'été commence pour eux et pour les habitans des régions comprises entre *I* et *R*, puisque la distance du soleil à leur zénit est aussi petite qu'elle peut l'être. C'est l'hiver pour nous, qui sommes placés entre le tropique du cancer *EF* et le pole du nord, parce que la distance du soleil à notre zénit est la plus grande possible. Ainsi, deux points *Z* et *U*, qui sont antipodes l'un de l'autre, ont des saisons contraires.

Six mois après, la terre est en *D*, et l'équateur *GH* fait toujours, avec l'écliptique, un angle *FDH* de 23° 28′. Le soleil est au zénit du point *F* sur la verticale *DFS*. Sa distance à notre zénit est la moindre possible, et nous avons l'été tandis que l'hi-

ver existe pour ceux qui sont au tropique du capricorne *IK*, ou sur la portion du globe qui s'étend depuis ce petit cercle jusqu'au pole austral.

Quand la terre est à l'un des équinoxes, en *O*, par exemple, son équateur *GNH* est alors dans le plan de l'équateur céleste *ALOM*, et le soleil est au zénit du point *N* sur la verticale *ONS*. Tous ceux qui habitent l'équateur aperçoivent le soleil au-dessus de leur tête en passant au méridien. Ils ont l'été et nous avons le printemps, parce que l'astre du jour est à une distance moyenne de notre zénit.

Inégalité des jours et des nuits.

On explique ce phénomène en considérant les différentes positions de la sphère céleste, qui est droite, oblique ou parallèle.

Sphère droite. (Fig. 417.)

708. La sphère est droite quand l'équateur est perpendiculaire à l'horizon. Elle a lieu pour ceux qui se trouvent sur l'équateur de la terre, et qui ont leur zénit à l'équateur céleste.

Soit *PR* l'axe du monde ; *C* le centre de la terre ; *EQ* le diamètre de l'équateur céleste ; *AF* le tropique du cancer, et *BG* celui du capricorne.

Les habitans du point *H* ont leur zénit en *E* sur l'équateur céleste, et les deux poles *R* et *P* sont à l'horizon, puisqu'ils sont à 90° du zénit *E*.

Chaque jour est égal à la nuit, parce que le soleil paroît décrire la circonférence d'un parallèle qui a son centre à l'horizon (623), et dont la partie supérieure est égale à la partie inférieure.

La plus grande distance du soleil au zénit *E* n'est que 23° 28′ quand on le voit en *A* vers le nord, et en *B* vers le midi.

Il n'y a point d'hiver dans une contrée où les rayons solaires sont presque toujours perpendiculaires à l'horizon. La chaleur est extrême sur les rivages de la mer et dans les vallons. Mais elle diminue beaucoup lorsqu'on s'élève à deux ou trois mille mètres,

et l'on éprouve un froid très-rigoureux sur le sommet des hautes montagnes.

Toutes les étoiles se montrent au-dessus de l'horizon, tandis que, dans les autres positions de la sphère, il y a toujours quelques-uns de ces astres que l'on ne voit jamais au-dessus de ce grand cercle.

Sphère parallèle. (Fig. 418.)

709. La sphère est parallèle quand on a l'équateur pour horizon. Elle a lieu pour les poles de la terre qui ont leur zénit à l'un des poles célestes.

Si nous étions en L, sous le pole du nord P, la droite EQ seroit le diamètre de notre horizon; mais cette ligne est aussi le diamètre de l'équateur, puisque ses extrémités sont à 90° de chacun des poles. Nous aurions donc l'équateur pour horizon.

Le soleil seroit visible depuis le premier germinal jusqu'au premier vendémiaire, ou pendant qu'il décrit la partie de l'écliptique qui est au-dessus de l'équateur, vers le nord. Il se déroberoit à nos regards en passant dans les signes méridionaux, et la nuit seroit de six mois si elle n'étoit diminuée par l'effet de la réfraction et du crépuscule.

La réfraction augmente le jour d'environ 67 heures, et le crépuscule est de 7 semaines.

Il est évident que la chaleur du soleil est très-foible, puisque sa plus grande hauteur au-dessus de l'horizon n'est que de 23° 28′, et qu'alors ses rayons sont très-obliques.

On ne peut apercevoir que la moitié du ciel EPQ. Les étoiles qui sont dans l'autre hémisphère ERQ ne s'élèvent jamais au-dessus de l'horizon.

Sphère oblique. (Fig. 419.)

710. La sphère est oblique toutes les fois que l'équateur est incliné sur l'horizon, comme il arrive au point L, qui a son zénit Z entre le pole et l'équateur.

Le jour est égal à la nuit deux fois dans l'année, savoir:

le premier jour du printemps et le premier jour d'automne, parce que le soleil paroît décrire la circonférence de l'équateur EQ, dont le centre est en C, et que l'horizon HQ divise en deux parties égales.

Ceux qui ont leur zénit entre le pole du nord P et le tropique du cancer AF, observent que le jour est plus long que la nuit, depuis le commencement du printemps jusqu'à celui de l'automne. Ils voient le soleil parcourir la circonférence d'un parallèle tel que AF, par exemple, qui a son centre D au-dessus de l'horizon, et que ce plan divise en deux parties inégales.

La nuit est plus longue que le jour, quand le soleil est au-dessous de l'équateur, vers le pole austral. Cet astre paroît alors se mouvoir sur la circonférence d'un parallèle dont le centre est sur la droite CR, et par conséquent au-dessous de l'horizon HO.

On a l'été quand on voit l'astre du jour sur le tropique du cancer AF, puisque sa distance au zénit est aussi petite qu'elle peut l'être. L'hiver commence lorsque le soleil répond au tropique du capricorne BG, parce que l'intervalle qui le sépare du zénit est le plus grand possible. Enfin, l'on a le printemps et l'automne dès qu'il est sur l'équateur EQ, à une distance moyenne entre la plus grande et la plus petite.

Les étoiles qui sont près du pole austral ne montent jamais au-dessus de l'horizon; et celles qui sont vers le pole boréal, telles que l'étoile S, ne descendent jamais au-dessous de ce grand cercle.

Stations et rétrogradations des planètes.

Ces phénomènes ont pour cause la différence des vîtesses qui animent la terre et la planète.

Planètes supérieures. (Fig. 420.)

711. 1°. Une planète supérieure est rétrograde, lorsqu'elle est en opposition avec le soleil.

Soit OAK l'orbite de la Terre; HUB celle de Jupiter; S le Soleil, et IPD la sphère céleste.

Quand la Terre est en A, et Jupiter en B, nous le voyons près de l'étoile E; mais la vitesse de cette planète est 12 fois moindre que celle de la Terre, de manière que nous arrivons en K, lorsque Jupiter est en C. Nous le rapporterons donc au point D, et nous croirons qu'il a parcouru l'arc ED en allant d'orient en occident.

2°. Une planète supérieure est directe vers le temps de la conjonction.

Si la Terre est en A, que Jupiter soit en F, répondant au point G du ciel, et qu'il décrive l'arc FL pendant que nous passons de A en K, nous l'apercevrons près du point M, et nous jugerons qu'il s'est avancé d'occident en orient, en suivant la direction $IPQM$.

3°. Une planète supérieure est stationnaire avant et après l'opposition.

Soit O la Terre; U Jupiter, et supposons qu'il se trouve en T quand nous serons en N. On le verra sur la droite NR parallèle à OP; mais deux lignes parallèles nous semblent se réunir lorsqu'elles sont prolongées à une grande distance (284). Nous imaginerons donc que Jupiter n'a pas changé de place.

Planètes inférieures. (Fig. 421.)

712. 1°. Ces planètes sont rétrogrades vers le temps de leur conjonction inférieure.

Quand la Terre est en B et Mercure en A, nous le rapportons au point C de la sphère céleste, et comme il va plus vite que nous, il parvient en E, lorsque nous sommes en D. Il répond alors au point F, et nous paroît aller de C en F ou d'orient en occident.

2°. Les planètes inférieures sont directes, quand elles sont dans leur conjonction supérieure.

Supposons que la Terre soit en B, tandis que Mercure est en K, et qu'il décrive KH pendant que nous parcourons l'arc BD. Il est évident que nous le verrons s'avancer de C vers I, ou d'occident en orient.

3°. Une planète inférieure est stationnaire entre les deux conjonctions.

Mercure paroît immobile, et nous l'apercevons sur deux lignes parallèles *EF*, et *MN* qui se terminent au même point de la sphère céleste, quand il va de *E* en *M*, pendant que la Terre décrit l'arc *DL*.

Éclipses de Lune. (Fig. 422.)

713. Nous avons éclipse de lune toutes les fois que la terre arrête une partie des rayons solaires qui se dirigent vers son satellite; mais ce phénomène exige 1°. que la lune soit en opposition avec le soleil, ou que nous ayons pleine lune; 2°. qu'elle soit à l'un de ses nœuds, ou du moins très-près de l'écliptique.

Soit *S* le centre du soleil, et *T* celui de la terre, qui sont dans le plan de l'écliptique, *B* la lune à l'un de ses nœuds; *BDCE* son orbite inclinée sur l'écliptique, d'environ 5 degrés, et qui rencontre ce plan suivant la droite *BC*.

Le satellite est tout entier dans le cône d'ombre *FGH*, que la terre projette derrière elle. Il ne reçoit aucuns rayons du soleil, et nous avons une éclipse totale; mais soit *S* le centre du soleil (Fig. 423); *T* celui de la terre; *DFCG* la section du cône d'ombre qui est traversée par la lune; *CD* son diamètre qui est dans le plan de l'écliptique, de manière que le demi-cercle *CFD* se trouve au-dessus, tandis que l'autre *CGD* est au-dessous; *ABH* une partie de l'orbite lunaire qui coupe l'écliptique au point *A*; enfin, *B* le centre de la lune qui répond au point *O* et qui est en opposition avec le soleil. Une portion *EF* du disque lunaire sera hors de l'ombre, et nous aurons une éclipse partielle.

Si la terre étoit en *L* et la lune en *H*, nous aurions encore l'opposition ou la pleine lune; mais il n'y auroit point d'éclipse, parce que la latitude *HM* ou la distance de la lune à l'écliptique est plus grande que la somme des demi-diamètres de l'ombre et du satellite. Or, le demi-diamètre de l'ombre n'occupe jamais

dans l'orbite de la lune, plus de 46′ 43″, et le demi-diamètre de la lune n'excède pas 16′ 48″. Il n'y a donc point d'éclipse toutes les fois que la latitude HM surpasse 63′ 31″.

Phases de l'éclipse. (Fig. 424.)

714. On appelle ainsi les différentes circonstances d'une éclipse, telles que le commencement, le milieu, la fin, la grandeur, l'immersion et l'émersion.

Soit AEI la moitié de la section du cône d'ombre, qui est traversée par la lune; AI son diamètre situé dans le plan de l'écliptique; BK une partie de l'orbite relative, et CF une perpendiculaire sur le milieu de BH.

L'éclipse commence quand le centre de la lune est en H, et son bord en O. Elle finit dès que le centre de la planète est en B. Le point C indique son milieu; sa durée est le temps que la lune emploie à décrire HB. Enfin sa grandeur est la partie ED qui se trouve dans l'ombre, au moment où la lune passe en C. On l'exprime en *doigts*, et chacune de ces unités est la douzième partie du diamètre lunaire.

Quand l'éclipse est totale, on observe encore l'*immersion* et l'*émersion*, qui sont l'instant où la lune entre dans l'ombre, et celui où elle en sort.

On voit quelquefois la lune, quoiqu'elle soit entièrement éclipsée. C'est un effet des rayons solaires qui vont frapper la surface de cette planète, après avoir été réfractés et réfléchis par l'atmosphère terrestre. Sa couleur est rougeâtre et semblable à celle d'un fer ardent qui commence à s'éteindre.

Eclipses de Soleil. (Fig. 425.)

715. Nous avons une éclipse de soleil, quand une partie de cet astre est cachée par la lune; mais il faut, 1°. que la planète soit en conjonction, ou que nous ayons nouvelle lune; 2°. qu'elle ne soit pas éloignée de l'un de ses nœuds.

Soit *BFH* l'orbite de la terre ; *S* le soleil ; *B* le globe terrestre ou l'œil de l'observateur ; *ADOE* l'orbite de la lune qui rencontre l'écliptique suivant la droite *AO*, de manière que la partie *ADO* est au-dessus de ce plan, tandis que l'autre *AEO* est au-dessous ; *O* la lune en conjonction, et à l'un de ses nœuds.

Il est évident que cette planète nous dérobe une portion du soleil et qu'elle nous empêche de le voir tout entier. Mais, lorsque nous sommes en *F* et la lune en *G*, il n'y a point d'éclipse, quoique la lune soit en conjonction, parce qu'elle se trouve bien au-dessous de l'écliptique, et qu'alors elle ne peut arrêter les rayons qui se dirigent vers la terre.

L'éclipse est centrale quand le centre de la lune *FIK* (Fig. 426) répond à celui du soleil *AMBD*. Elle est annulaire, si le diamètre apparent de cet astre est plus grand que celui de la lune qui paroît entourée d'une couronne lumineuse. Enfin, l'éclipse est totale, lorsque le diamètre apparent de la lune est plus grand que celui du soleil. Ce phénomène auroit lieu, si l'œil étoit en *Q*, par exemple, (Fig. 427), la lune en *L* et le soleil en *S*.

Il n'y a point d'éclipse, toutes les fois que la latitude *CN* de la lune en conjonction (Fig. 426) surpasse la somme des demi-diamètres *CM* et *PN* du soleil et de la lune, qui est toujours au-dessous de 34 minutes.

716. Une éclipse de soleil ne commence pas à la même heure pour tous ceux qui l'observent (Fig. 428).

Soit *S* le soleil, *EDC* la surface de la terre, et *GHF* une portion de l'orbite lunaire.

La distance du soleil est si grande, que le faisceau de lumière *SE* est sensiblement parallèle à *TS*, et ceux qui sont en *E*, voient cet astre au point *B* sur la droite *EB*. L'éclipse existe pour eux, quand la lune est en *G* ; mais elle n'a lieu, pour les habitans du point *D*, qu'au moment où la lune arrive en *H*, puisqu'ils aperçoivent le soleil en *S* sur la droite *THS*. Ceux qui sont en *C* le rapportent au point *A*, et l'éclipse commence pour eux lorsque le globe lunaire se trouve en *F*.

717. Une éclipse de soleil est totale pour un pays, tandis qu'elle est partielle ou nulle pour un autre (Fig. 429).

Soit *SM* une droite qui est dans le plan de l'écliptique ; *AC* le diamètre du soleil ; *DF* celui de la lune, et *GK* le diamètre de la terre.

On voit que la lune *DF* cache tout le disque solaire à ceux qui se trouvent entre *N* et *O* ; mais les habitans du point *I* découvrent la partie *BC*, et ceux qui sont en *K* n'ont point d'éclipse.

Différentes sortes d'éclipses.

718. Mercure et Vénus interceptent aussi les rayons du Soleil, quand ils passent entre cet astre et la Terre, et que leur distance au plan de l'écliptique n'excède pas la somme des demi-diamètres du Soleil et de la planète. On aperçoit alors une tache ronde et noire qui traverse le disque solaire, et l'on dit que Mercure ou Vénus a passé sur le Soleil.

Les satellites de Jupiter sont éclipsés lorsqu'ils entrent dans le cône d'ombre que leur planète forme derrière elle. On observe surtout les éclipses du premier satellite qui sont fréquentes, parce qu'il est près de Jupiter, et qu'il fait sa révolution en 1 jour 18 heures. Elles sont très-utiles en géographie, pour déterminer la longitude.

La lune nous cache aussi quelquefois les planètes ou les étoiles, et ces éclipses ont reçu le nom *d'occultations*.

FIN DU PREMIER VOLUME.

TABLE.

INTRODUCTION, pag. 1
Etendue, 3
Divisibilité, *Ibid.*
Porosité, 5
Impénétrabilité, 7
Mobilité, 8
Attraction, 9
Attraction physique, *Ibid.*
Affinité, 10
Adhésion, 11
Gravité, *Ibid.*
Pression des fluides, 13
Pression latérale, *Ibid.*
Pression de bas en haut, 14
Equilibre des liqueurs homogènes, *Ibid.*
Tubes communiquans, 15
Conduite des eaux, 16
Niveau d'eau, *Ibid.*
Tuyaux capillaires, pag. 17
Explication des phénomènes, 18
Pression des liquides sur le fond d'un vase, 20
Expérience de Pascal, 21
Pression des liquides hétérogènes, 22
Le passe-vin, *Ibid.*
Le niveau d'air, 23
Equilibre des liqueurs hétérogènes, *Ibid.*
Solides plongés dans les fluides, *Ibid.*
Marteau philosophique, 25
Pesanteur spécifique des solides, 26
Pesanteur spécifique des liquides, 27
Aréomètre d'Hypacie, *Ibid.*
Aréomètre de Beaumé, 28
Aréomètre de Farenheit, *Ibid.*
Aréomètre de Nicolson, 29
Gravimètre de M. Guiton, *Ibid.*

PHYSIQUE PARTICULIERE.

PREMIÈRE SECTION, 32

LIVRE PREMIER.

De l'air atmosphérique, *Ibid.*

CHAPITRE PREMIER.

Pesanteur de l'air, 33
Tube de Toricelli, *Ibid.*
Expériences de Pascal, 34
Machine pneumatique, 35
Expérience, 36
Casse-vessie, 37
Récipient ouvert, 38
Hémisphères de Magdebourg, *Ibid.*
Ballon à peser l'air, *Ibid.*
Pression latérale de l'air, 39
Pression de bas en haut, *Ibid.*

CHAPITRE II.

Compressibilité de l'air, 39
Expérience, 40

CHAPITRE III.

Elasticité de l'air, pag. 40
Première expérience, 41
Deuxième expérience, *Ibid.*
Troisième expérience, pag. 41
Pression de l'air sur notre corps, 42

CHAPITRE IV.

Applications de la pesanteur et du ressort de l'air, 42
Baromètre simple, 43
Baromètre à cadran, 44
Baromètre incliné, 45
Baromètre double, *Ibid.*
Éprouvette ou baromètre tronqué, *Ibid.*
Baromètre lumineux, 46
Hauteur des montagnes, *Ibid.*
Hauteur de l'atmosphère, 47
Chantepleure, ou pompe des celliers, 48
Entonnoir magique, *Ibid.*
Jet d'eau sous le récipient, 49
Ludions, *Ibid.*
Lampe à réservoir, 50
Fontaine intermittente, 50
Fontaine de compression, 51
Fontaine de Héron, *Ibid.*
Fusil à vent, 52
Syphon simple, *Ibid.*
Syphon double, 53
Syphon à jet d'eau, 54
Syphon de Wittemberg, *Ibid.*
Verres à diabètes, *Ibid.*
Pompes, 55
Pompe aspirante, *Ibid.*
Pompe aspirante dans le vide, *Ibid.*
Pompe de Séville, 56
Pompe aspirante et élévatoire, 57
Pompe aspirante et foulante, *Ibid.*
Pompe des incendies, *Ibid.*
Pistons et soupapes, 58

CHAPITRE V.

L'air dissout l'eau, 58
Première expérience, *Ibid.*
Deuxième expérience, 59
Troisième expérience, 60
Quatrième expérience, *Ibid.*
Hygromètres, *Ibid.*
Hygromètre à corde, 61
Hygromètre d'ivoire, 61
Hygromètre à cheveu, *Ibid.*
Saturation de l'air, 62
Poids de l'air saturé d'eau, 63
Variations du baromètre, *Ibid.*
Fumée des rivières, 64

CHAPITRE VI.

Le son, 64
Corps sonores, *Ibid.*
Vibrations totales, 65
Vibrations partielles, *Ibid.*
Les tons et la gamme, 66
Les accords, 66
Le sonomètre, 67
Première expérience, *Ibid.*
Deuxième expérience, 68
Troisième expérience, *Ibid.*

Quatrième expérience, pag. 69
Applications, *Ibid.*
Cordes à l'unisson, *Ibid.*
Sons harmoniques ou flûtés, 70
Harmonie et mélodie, 71
Principe de Rameau, *Ibid.*
Véhicules du son, *Ibid.*
Vitesse du son, 73
Porte-voix, pag. 74
Chambre à secret, *Ibid.*
Cornets acoustiques, 75
Les échos, *Ibid.*
L'oreille, 77
Impression du son, 78
Les sons articulés, 80

CHAPITRE VII.

Analyse de l'air atmosphérique, 80
Principes de l'air, 81
Première expérience, *Ibid.*
Deuxième expérience, 82
Troisième expérience, *Ibid.*
Quatrième expérience, *Ibid.*
Appareil pneumato-chimique, 83
Gaz azote, 84
Air vital, 85
Respiration, *Ibid.*
Combustion, 88
Oxidation, 89
Réduction, 90

LIVRE II.

Du calorique, 90

CHAPITRE PREMIER.

Moyens d'échauffer les corps, 91

CHAPITRE II.

Le calorique augmente le volume des corps, 91
Dilatation des gaz, 92
Dilatation des liquides, 94
Dilatation des solides, 94
Le calorique augmente le ressort de l'air qui est retenu par des obstacles, 95

CHAPITRE III.

Le calorique fait passer les corps de l'état solide, à celui de liqueur et de fluide élastique, 94
Un solide qui passe à l'état de liqueur ou de gaz, absorbe une certaine quantité de calorique qui n'est plus sensible, 95
Les corps n'exigent pas la même quantité de calorique, pour devenir liquides ou fluides aériformes, *Ibid.*
L'eau tiède et l'éther passent à l'état de gaz sans augmentation de chaleur, quand on supprime l'air environnant, 96
Bouilloire de Franklin, *Ibid.*
Les molécules des corps obéissent à plusieurs forces différentes, *Ibid.*
Une liqueur ne s'échauffe plus, quand elle a commencé de bouillir dans un vase ouvert, 97

CHAPITRE IV.

Thermomètres, pag. 97
Thermomètre de Drebbel, *Ibid.*
Thermomètre de Réaumur, 98
Thermomètre de Farenheit, 99
Pyromètre de Wedgwood, 100
Pyromètre de Nollet, pag. 100
Différence entre la dilatation du cuivre jaune et celle de l'acier, 101
Application au pendule, *Ibid.*

CHAPITRE V.

Propagation du calorique, 102
Calorique spécifique, 103
Calorimètre, 104

CHAPITRE VI.

Instrumens des chimistes, 105
Cornues, creusets, coupelles, *Ibid.*
Moufles, 106
Alambics, *Ibid.*
Fourneau d'évaporation, 106
Fourneau de réverbère, *Ibid.*
Fourneau de coupelle, 107
Luts, *Ibid.*

LIVRE III.

De l'eau, 108

CHAPITRE PREMIER.

De la glace, 108

CHAPITRE II.

De l'eau à l'état liquide, 110
Composition de l'eau, *Ibid.*
Décomposition de l'eau, 111
Origine de l'eau, 112
Moyens de purifier l'eau, *Ibid.*

CHAPITRE III.

De l'eau à l'état de gaz, 113
Marmite de Papin, *Ibid.*
Ampoules de verre, 114
Eolipyle, *Ibid.*
Pompe à feu, 114
Machine de Newcomen, 115
Machine de Wats, *Ibid.*

LIVRE IV.

De la lumière, 116

CHAPITRE PREMIER.

Nature de la lumière, 117
Origine de la lumière, *Ibid.*
Vitesse de la lumière, 118

CHAPITRE II.

Lumière directe, pag. 119
La lumière tend à se propager en ligne droite, *Ibid.*
Un point lumineux lance de tous côtés une foule de rayons divergens, 120
Un œil placé devant un point radieux, est la base d'une pyramide lumineuse, dont ce point forme le sommet, *Ibid.*
Nous voyons ordinairement un objet à l'endroit où se réunissent les rayons qui entrent dans l'œil, p. 120
Les faisceaux de lumière se croisent, et ne se mêlent pas, en traversant une petite ouverture, 121
L'intensité de la lumière diminue, comme le quarré de la distance augmente, *Ibid.*

CHAPITRE III.

Les ombres, 122
La pénombre, 123
Mesure des hauteurs, 123

CHAPITRE IV.

Lumière réfléchie, 124
Première expérience, *Ibid.*
Deuxième expérience, 125
Les miroirs *Ibid.*

ARTICLE PREMIER.

Miroirs plans, 125
L'image est derrière le miroir, à la même distance que l'objet par devant, *Ibid.*
La grandeur de l'image est égale à celle de l'objet, 126
Un objet vertical, près d'un miroir horizontal, se voit dans une position renversée, 126
Un objet horizontal, placé devant un miroir incliné de 45 degrés, produit une image verticale, *Ibid.*
Une glace étamée nous présente ordinairement deux images, *Ibid.*

ARTICLE II.

Miroirs concaves, 127
Foyer des rayons parallèles, *Ibid.*
Foyer des rayons divergens, 128
Les rayons de lumière qui partent du foyer, se réfléchissent parallèles, *Ibid.*
Les rayons se réfléchissent divergens, lorsqu'ils émanent d'un point situé entre le miroir, et le foyer des rayons parallèles, 129
Ils deviennent convergens, toutes les fois qu'ils partent d'un point qui est plus éloigné que le foyer des rayons parallèles, *Ibid.*
Lieu de l'image, 130
Miroirs ardens, *Ibid.*
Expérience avec deux miroirs, *Ibid.*

ARTICLE III.

Miroirs convexes, pag. 131
Foyer des rayons parallèles, *Ibid.*
Foyer des rayons divergens, *Ibid.*
Lieu de l'image, 132
Distance de l'image, pag. 132
Grandeur et situation de l'image, *Ibid.*

ARTICLE IV.

Miroirs cylindriques, 133

CHAPITRE V.

Lumière réfractée, 134
Première expérience, *Ibid.*
Deuxième expérience, 135

ARTICLE PREMIER.

Effets de la réfraction, 136
Un objet qui est dans l'eau, nous paroît moins éloigné de la surface du liquide, *Ibid.*
Les objets plongés dans l'eau, nous paroissent plus grands que dans l'air, 136
Un bâton qui est incliné dans l'eau, paroît former un angle, *Ibid.*
Double réfraction, *Ibid.*
Réfraction astronomique, 137
Crépuscule, *Ibid.*

ARTICLE II.

Verres convexes, 138
Propriétés des verres convexes, *Ibid.*
Foyer des rayons parallèles, 139
Les rayons divergens qui partent du foyer d'une lentille, en sortent parallèles, 139
Aberration de sphéricité, *Ibid.*
Verres concaves, 140
Propriétés des verres concaves, *Ibid.*
Verres ardens, *Ibid.*

CHAPITRE VI.

De la vision, 141

ARTICLE PREMIER.

Structure de l'œil, *Ibid.*

ARTICLE II.

Fonctions de cet organe, 143
Œil artificiel, 144
Nous voyons les objets droits, quoique leur image soit renversée dans l'œil, *Ibid.*
Un objet qui se peint dans les deux yeux, ne paroît pas double, 144
On continue de bien voir un objet, lorsque sa distance ne varie pas beaucoup, 145

ARTICLE III.

Angle optique ou visuel, pag. 146
Grandeur apparente des objets, *Ibid.*
Objets insensibles, 147
Distance respective, *Ibid.*
Vîtesse apparente, 148
Mouvement insensible, pag. 148
Axes optiques, *Ibid.*
Distance apparente, 149
Vue louche, *Ibid.*

ARTICLE IV.

Illusions optiques, 149
Deux lignes parallèles, qui ont une certaine étendue, nous paroissent convergentes, *Ibid.*
Un œil qui est dans le plan d'une grande ligne fort éloignée, la voit comme un arc de cercle dont il est le centre, 150
Le ciel nous présente une sphère creuse parsemée d'étoiles, *Ibid.*
Le diamètre apparent du soleil et de la lune, est plus grand à l'horizon qu'au méridien, 152
Une petite ligne irrégulière, qui est loin de nous, paroît être une ligne droite, *Ibid.*
Les objets d'une grandeur connue, paroissent plus gros, au milieu des ténèbres de la nuit, *Ibid.*
Un boulet de canon, qui passe devant nous, est invisible, *Ibid.*
Une tour quarrée, vue de loin, paroît être cylindrique, 153
On ne s'aperçoit pas du mouvement d'un globe éloigné, qui tourne sur son axe, quand il est d'une couleur uniforme, *Ibid.*
Un charbon rouge nous présente un ruban de feu, quand il se meut devant l'œil avec beaucoup de rapidité, *Ibid.*
Nous avons peine à distinguer les objets, lorsque nous passons d'un lieu bien éclairé, dans un autre qui est obscur, *Ibid.*
Quand on a les yeux baignés de larmes, et qu'on regarde une bougie allumée, on aperçoit des rayons de lumière qui s'élancent hors des parties inférieures et supérieures de la flamme, 154

CHAPITRE VII.

Les couleurs, 154
Séparation des filets colorés, *Ibid.*
La réunion des sept rayons colorés, produit le blanc de la lumière solaire, 155
La couleur des rayons séparés par le prisme, est invariable, *Ibid.*
Les rayons qui sont plus réfrangibles, se réfléchissent plutôt que les autres, 156
Différence de lumière et de chaleur, *Ibid.*
Couleurs primitives et secondaires, 157
Couleurs des corps opaques, *Ibid.*
Couleurs des corps transparens, 158

Couleur bleue de ciel, pag. 159
Couleur de la lune à l'horizon, 160
Ombres colorées, *Ibid.*
Anneaux colorés, *Ibid.*
Couleurs accidentelles, pag. 161
Diffraction de la lumière, 163
Objets vus à travers un prisme, *Ibid.*
Aberration de réfrangibilité, 164

CHAPITRE VIII.

Instrumens d'optique, 165

ARTICLE PREMIER.

Lunette convexe, *Ibid.*
Les presbytes, 166
La cataracte, *Ibid.*
Lunette concave, 167
Les myopes, 167
Verre à facettes, ou multipliant, 168

ARTICLE II.

Microscope simple, 168
Microscope composé, 169
Microscope solaire, 170
Lanterne magique, 171

ARTICLE III.

Lunettes d'approche, 172
Lunette de Galilée, 173
Lunette astronomique, 174
Lunette terrestre, 175
Lunettes achromatiques, *Ibid.*

ARTICLE IV.

Télescopes à réflexion, 177
Télescope de Grégori, *Ibid.*
Télescope de Newton, 178
Télescope de jacques Lemaire, *Ibid.*
Télescope d'Herschell, *Ibid.*

ARTICLE V.

Chambre obscure, 179
Polémoscope, *Ibid.*
Optiques, 180

LIVRE V.

De l'électricité, 180

CHAPITRE PREMIER.

Moyens d'exciter la vertu électrique 181

CHAPITRE II.

Théories de l'électricité, 182

CHAPITRE III.

Machines vitreuses ou positives, pag. 184 Machines résineuses ou négatives, pag. 185

CHAPITRE IV.

Attractions et répulsions, 186
Moyens de reconnoitre l'électricité d'un corps, 187
Danse électrique, 189
Carillon électrique, 189
Adhérence électrique, 190
Théorie de M. Coulomb, *Ibid.*

CHAPITRE V.

Impression d'un vent frais, 191

CHAPITRE VI.

Pouvoir des pointes, 192
Théorie de M. Coulomb, 193

CHAPITRE VII.

Aigrettes, et points lumineux, 194

CHAPITRE VIII.

Etincelles, 196
Tableaux électriques, 197
Artillerie électrique, 198
Théorie de M. Coulomb, *Ibid.*

CHAPITRE IX.

Bouteille de Leyde, 199
Tableau magique, 204
Bocal électrique, *Ibid.*
Batterie électrique, 205
Mine électrique, *Ibid.*
Canne électrique, 205
Bouteille d'Ingen-Houz, 206
Bouteille de Cavallo, *Ibid.*
Théorie de Franklin, 207
Théorie de M. Coulomb, *Ibid.*

CHAPITRE X.

Vitesse du fluide électrique, 210

CHAPITRE XI.

Combustions électriques, 211
Combustion de l'esprit-de-vin, du coton et du papier, *Ibid.*
Fusion de l'or, 212
Fusion du fer, 212
Animal foudroyé, *Ibid.*
Pistolet de Volta, 213
Décomposition de l'eau, *Ibid.*

LIVRE VII.

Du magnétisme, pag. 254

CHAPITRE PREMIER.

Phénomènes de l'aimant, 254
Direction, 255
Déclinaison, *Ibid.*
Inclinaison, 256
Attraction, *Ibid.*
Répulsion, 257
Communication, *Ibid.*
Effet des armures, 259
Aimans artificiels, pag. 260
La boussole, 261
Boussole à cadran, *Ibid.*
Lunette magnétique, 262
Boîte aux fleurs, *Ibid.*
Rapports entre le magnétisme et l'électricité, *Ibid.*
Vertu médicale de l'aimant, 264

CHAPITRE II.

Théorie de M. Coulomb, 265

LIVRE VIII.

Des météores, 272

CHAPITRE PREMIER.

Les vents, *Ibid.*
Rose de vents; 273
Vitesse du vent, *Ibid.*
Différentes espèces de vents, 274
Causes du vent, *Ibid.*

CHAPITRE II.

Météores aqueux, 275
Le serein et la rosée, *Ibid.*
Les nuages et les brouillards, *Ibid.*
La pluie, 276
La gelée blanche, 276
La neige, *Ibid.*
La grêle, 277
Les trombes, 278

CHAPITRE III.

Météores lumineux, 279
Les couronnes, *Ibid.*
Parhélies et paraselènes, 280
Lumière zodiacale, *Ibid.*
Arc-en-ciel, *Ibid.*
Première expérience, 281
Arc intérieur, 282
Deuxième expérience, *Ibid.*
Arc extérieur, 283

CHAPITRE IV.

Météores ignés, 284
Feux follets, 284

Etoiles tombantes, pag. 284
Globes de feu, 285
Aurores boréales, pag. 285
Le tonnerre, 286

NOTES.

La masse d'un corps est égale à sa densité multipliée par le volume, 288
Les densités sont en raison inverse des volumes, quand la masse est la même, *Ibid.*

Réaction.

La réaction d'un corps est égale et contraire à la pression qu'il éprouve, *Ibid.*

Niveau.

Différence entre le niveau vrai et le niveau apparent, 289

Corps flottans.

Deux corps qui nagent à la surface d'un liquide, s'approchent l'un de l'autre, quand ils ont de l'affinité pour ce fluide, et qu'ils sont écartés de quelques millimètres seulement; *Ibid.*
Ils paroissent encore s'attirer, quand ils ne peuvent être mouillés par le fluide environnant, 290
Ces deux corps s'éloigneront l'un de l'autre, si le premier peut être mouillé par le liquide, tandis que le second n'a pas cette propriété, *Ibid.*
Vases de Pascal, 291
Equilibre des liqueurs hétérogènes, *Ibid.*

Solide plongé dans un fluide.

Un solide plongé dans un fluide qui a moins de pesanteur spécique, y perd de son poids autant que pèse un volume du fluide égal au sien, 292
Quand un corps nage à la surface d'un liquide, il en déplace une partie dont le poids est égal au sien. *Ibid.*
Un solide reste dans la place qu'il occupe, toutes les fois que sa pesanteur spécifique est égale à celle du fluide, 293

Pesanteur spécifique.

Le poids d'un corps est égal à sa pesanteur spécifique, multipliée par le volume, *Ibid.*
Les pesanteurs spécifiques sont entre elles comme les poids, quand les volumes sont égaux, *Ibid.*
Pesanteur spécifique des solides, 294

Aréomètres.

Aréomètre de Farenheit, *Ibid.*
Aréomètre de Nicolson, 295

Machine pneumatique.

Trouver la densité de l'air qui est sous le récipient, après un certain nombre de coups de piston, 296
Hauteur d'une montagne, 297
Poids de l'air saturé d'eau, 298
Échelle diatonique, 299
Basse fondamentale, *Ibid.*
Le mode, *Ibid.*
Axe du cône d'ombre, 300
Hauteur du soleil, *Ibid.*
Longueur des ombres, *Ibid.*

Miroirs plans.

La distance de l'image est égale à celle de l'objet,
Un objet [illegible] quand il se reploie [illegible] incline de 45 degrés,
Connoissant la position de l'objet et celle de l'œil, trouver le chemin de lumière qui est réfléchi vers cet organe par le miroir, 302
L'image d'un objet parallèle au miroir, est deux fois plus grande que la partie qui réfléchit les pyramides lumineuses, *Ibid.*
L'inclinaison de l'image est égale à celle de l'objet, 303
Le mouvement angulaire des images est deux fois plus grand que celui du miroir qui tourne sur un axe, *Ibid.*
Des rayons parallèles se réfléchissent parallèles, 304
Un miroir plan ne chanche rien à l'écartement des rayons divergens, *Ibid.*

Miroirs concaves.

Foyer des rayons parallèles, 305
Foyer des rayons divergens, *Ibid.*
L'image est derrière le miroir, quand l'objet se trouve entre le miroir et le foyer des rayons parallèles, 306
Elle est à une distance infinie, si l'objet est placé au foyer des rayons parallèles, *Ibid.*
L'image est plus loin que le centre, quand l'objet se trouve entre ce point et le foyer des rayons parallèles, *Ibid.*
L'image d'un objet qui est au centre, se confond avec lui, *Ibid.*
Elle est entre le miroir et le centre, quand l'objet est plus loin que le [illegible] pag. 307
[illegible] situation de l'image, *Ibid.*

[illegible] convexes.

[illegible] rayons parallèles, 308
[illegible] rayons divergens, 309
L'image est toujours derrière le miroir, *Ibid.*
Sa distance au miroir est moindre que celle de l'objet, *Ibid.*
La distance de l'image est plus petite, quand le miroir est plus convexe, 310
Miroir conique, *Ibid.*
Miroir pyramidal, 311
Limites de la réfraction, 312
Hauteur de l'atmosphère, *Ibid.*
Verres plans, 313

Verres convexes.

Trouver le foyer des rayons divergens qui passent de l'air dans un milieu de verre terminé par une surface convexe, 315
Déterminer le foyer des rayons parallèles qui passent de l'air dans un milieu de verre, terminé par une surface convexe, 316
Trouver le foyer des rayons divergens qui traversent une lentille convexe des deux côtés, *Ibid.*
Foyer des rayons parallèles qui traversent une lentille, 318
Les rayons divergens qui partent du foyer d'une lentille, en sortent parallèles, *Ibid.*
Foyer des rayons divergens, ou parallèles, qui passent au travers

d'un verre plan d'un côté et convexe de l'autre, pag. 318

Verres concaves.

Foyer des rayons divergens qui passent de l'air dans un milieu de verre terminé par une surface concave, 319
Déterminer le foyer des rayons parallèles qui passent de l'air dans un milieu de verre terminé par une surface concave, 320
Foyer des rayons divergens qui traversent un verre concave des deux côtés, *Ibid.*
Foyer des rayons parallèles, pag. 322
Des rayons convergens qui se dirigent vers le foyer d'un verre concave, en sortent parallèles, *Ibid.*
Verres plans concaves, 323
Angle optique, *Ibid.*
Lunette simple et convexe, 324
Rayon principal, 325
Microscope simple, 326
Lunette astronomique, 327
Calcul de l'arc-en-ciel, 329
Arc intérieur, *Ibid.*
Figure de l'arc en-ciel, 334
Partie visible, 335
Arc extérieur, 336

LIVRE IX.

Des astres, 341

CHAPITRE PREMIER.

Grands cercles, *Ibid.*
Horizon, *Ibid.*
Zénit et Nadir, 342
Changement d'horizon, *Ibid.*
Axe du monde et ses poles, *Ibid.*
Equateur, 343
Mouvement diurne, *Ibid.*
Méridien, *Ibid.*
Hauteur méridienne d'une étoile, 344
Hauteur du pole, *Ibid.*
Hauteur de l'équateur, 345
Points cardinaux, *Ibid.*
Jour sidéral, 346
Jour solaire vrai, *Ibid.*
Mouvement annuel du soleil, *Ibid.*
Ecliptique, 347
Equinoxes et solstices, 348
Précession des équinoxes, *Ibid.*
Obliquité de l'écliptique, *Ibid.*
Poles de l'écliptique, 349
Saisons, *Ibid.*
Signes de l'écliptique, *Ibid.*
Les deux colures, 359

CHAPITRE II.

Petits cercles, 351
Tropiques, *Ibid.*
Cercles polaires, *Ibid.*
Zones célestes, 353
Zodiaque, *Ibid.*

CHAPITRE III.

Réfraction astronomique, 352
Table des réfractions, 353
Parallaxe horizontale, 353
Parallaxe de hauteur, *Ibid.*

CHAPITRE IV.

Le soleil, pag. 354
Diamètre apparent, *Ibid.*
Déclinaison du soleil, 355
Passage à l'équinoxe, *Ibid.*
Année tropique, 356
Année sidérale, *Ibid.*
Ascension droite du soleil, *Ibid.*
Ascension droite moyenne, 357
Ascension droite vraie, *Ibid.*
Longitude vraie du soleil, *Ibid.*
Longitude moyenne, pag. 358
Orbite apparente du soleil, *Ibid.*
Distance et parallaxe du soleil, 359
Diamètre vrai, *Ibid.*
Taches et rotation du soleil, 360
Arc sémi-diurne, *Ibid.*
Lever du soleil, 361
Coucher du soleil, *Ibid.*
Trouver l'heure par le moyen du soleil, 362

CHAPITRE V.

Jour artificiel, 362
Jour solaire vrai, *Ibid.*
Jour solaire moyen, *Ibid.*
Jour sidéral, 363
Le jour solaire vrai est plus long que celui des étoiles, *Ibid.*
Le jour solaire moyen surpasse aussi celui des étoiles, 363
Temps vrai et temps moyen, 364
Equation du temps, *Ibid.*
Année astronomique, *Ibid.*
Année civile, *Ibid.*

CHAPITRE VI.

Étoiles, 365
Constellations, *Ibid.*
Etoiles changeantes, 367
Nébuleuses, 368
Voie lactée, *Ibid.*
Etoiles de première grandeur, *Ibid.*
Nombre des étoiles, *Ibid.*
Distance énorme des étoiles, 369
Diamètre apparent, 369
Scintillation, 370
Déclinaison, *Ibid.*
Ascension droite, *Ibid.*
Passage d'une étoile au méridien, 371
Lever et coucher d'une étoile, 373
Trouver l'heure par le moyen d'une étoile, *Ibid.*

CHAPITRE VII.

La terre, 374
Elle est arrondie, *Ibid.*
Longueur d'un degré terrestre, 374
Circonférence de la terre, 375
Rayon de la terre, *Ibid.*
Mouvement diurne de la terre, *Ibid.*
Mouvement annuel, 376
Axe et pole de la terre, *Ibid.*
Equateur, ou ligne équinoxiale, *Ibid.*
Tropiques, 377
Cercles polaires, *Ibid.*
Zones terrestres, *Ibid.*
Antipodes, *Ibid.*
Climats, *Ibid.*
Latitude géographique, 378
Longitude géographique, *Ibid.*
La terre est applatie vers les poles, 380
Nouvelles mesures, 381

CHAPITRE VIII.

La lune, pag. 382
Révolutions de la lune, *Ibid.*
Phases de la lune. 383
Lumière cendrée, 384
Cycle de 19 ans, *Ibid.*
Rotation de la lune, *Ibid.*
Ses montagnes, 385
Orbite lunaire, pag. 385
Diamètre apparent de cet astre, 386
Parallaxe horizontale, *Ibid.*
Distance à la terre, 387
Diamètre vrai, *Ibid.*
Déclinaison, *Ibid.*
Ascension droite, 388

CHAPITRE IX.

Planètes, 388
Longitude des planètes, 389
Latitude, *Ibid.*
Conjonctions et oppositions, *Ibid.*
Stations et rétrogradations, 390
Orbites des planètes, *Ibid.*
Lois de Képler, 391
Elémens de l'orbite, 392
Révolutions sidérales, *Ibid.*
Distances moyennes au soleil, *Ibid.*
Excentricités, 393
Longitude de l'aphélie, *Ibid.*
Mouvement annuel de l'aphélie, 394
Epoque de la longitude moyenne, *Ibid.*
Longitude du nœud, 395
Mouvement annuel du nœud, *Ibid.*
Inclinaison de l'orbite, *Ibid.*
Diamètres apparens, *Ibid.*
Diamètres en lieues, 396

CHAPITRE X.

Satellites, ou planètes secondaires, 396
Révolutions sidérales, 397
Distances au centre de la planète, *Ibid.*

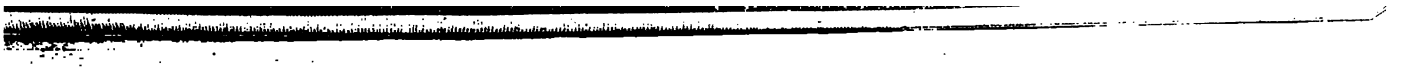
CHAPITRE XI.

Anneau de Saturne, 399
Comètes, 400

CHAPITRE XII.

Phénomènes qui dépendent du mouvement de la terre, 401
Mouvement diurne du ciel, *Ibid.*
Mouvement annuel du soleil. 402
Différence entre le jour solaire et le jour sidéral, *Ibid.*
Causes de la chaleur, 403
Variété des saisons, 404
Inégalité des jours et des nuits, 405
Stations et rétrogradations des planètes, 408
Eclipses de lune, 409
Phases de l'éclipse, 410
Eclipses de soleil, 411
Différentes sortes d'éclipses, 412

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Page 4, ligne 5, de liquide, *lisez* : du liquide.
8, ligne 7, les recevoir, *lisez* : le recevoir.
14, ligne 24, que l'équilibre, *lisez* : et que l'équilibre.
20, ligne 24, en H et I, *lisez* : en H et en I.
31, ligne 15, de 42, *lisez* : de 41.
10 terres, *lisez* : 9 terres.
38, ligne 5, à une colonne, *lisez* : à celui d'une colonne.
48, ligne 30, contraire, *lisez* : contraires.
57, ligne 17, FF, *lisez* : F.
58, première expérience, (fig. 80), *lisez* : première expérience.
59, deuxième expérience, (fig. 81), *lisez* : deuxième expérience.
60, première expérience, (fig. 82), *lisez* : première expérience.
deuxième expérience, (fig. 83), *lisez* : deuxième expérience.
66, ligne 8, ou deux demi-tons, *lisez* : et deux demi-tons.
78, ligne 18, l'extrémité B, *lisez* : l'extrémité G.
103, ligne 23, spécique, *lisez* : spécifique.
117, ligne 12, s'unisent, *lisez* : s'unissent.
125, ligne 16, contruire, *lisez* : construire.
128, ligne 21, (222), *lisez* : (223).
128, dernière ligne, (230), *lisez* : (231).
130, ligne 5, (229), *lisez* : (230).
132, ligne 13, au point G, *lisez* : du point G.
de CD, *lisez* : de GD.
139, ligne 27, (122), *lisez* : N.
168, ligne 23, de manière qu'ils, *lisez* : de manière qu'elles.
ligne 29, en D, *lisez* : en P.
177, ligne 8, il y en trois, *lisez* : il y en a trois.
178, ligne 24, (359), *lisez* : (259).
221, ligne 7, TIH, *lisez* : IH.
223, ligne 23, Wlik, *lisez* : Wilk.
243, première note, (616), *lisez* : (17), tome II.
267, ligne 5, (450), *lisez* : (448).
298, ligne 2, sin D 2, *lisez* : sin D.
299, ligne 17, sol, ut, mi, *lisez* : sol dièse, ut, mi.
348, ligne 14, précessions, *lisez* : précession.
363, ligne 10, (fig. 647), *lisez* : (fig. 396).
410, dernière ligne, et la partie ED, *lisez* : et sa grandeur est la partie ED.
412, ligne 2, (fig. 425), *lisez* : (fig. 427).